



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

## **DESAIN DAN ANALISIS GAYA PADA ARM ALAT PEMASANG KACA DEPAN BUS.**

**KRISNA PRIBADI**  
**NRP : 2112 030 052**

**Dosen Pembimbing**  
**Ir. BUDI LUWAR SANYOTO, MT**  
**19621114 199003 1 002**  
**Ir. HENDRO NURHADI, Dipl.-Ing.,Ph.D.**  
**19751120 200212 1002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - TM 145502**

**DESIGN AND ANALYSIS OF ARM FORCE ON THE  
FRONT GLASS INSTALLER BUS**

**KRISNA PRIBADI**

**NRP : 2112 030 052**

**Consellor Lecture**

**Ir. BUDI LUWAR SANYOTO, MT**

**19621114 199003 1 002**

**Ir. HENDRO NURHADI, Dipl.-Ing.,Ph.D.**

**19751120 200212 1002**

**PROGRAM STUDY DIPLOMA III**

**Mechanical Engineering Of Department**

**Faculty Technology Industry**

**Sepuluh Nopember Institute Of Technology**

**Surabaya 2015**

**DESAIN DAN ANALISIS GAYA PADA ARM ALAT  
PEMASANG KACA DEPAN BUS.**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin  
Pada

Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

**KRISNA PRIBADI**  
NRP. 2112030052

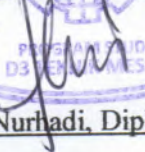
Mengetahui dan menyetujui  
**Dosen Pembimbing I**



Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT

NIP. 19621114 199003 1 002

**Dosen Pembimbing II**



Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D

NIP. 197511202002121002

**SURABAYA**  
**JULY, 2016**

**DESAIN DAN ANALISIS GAYA ARM PADA ALAT  
PEMASANG KACA DEPAN BUS**

**TUGAS AKHIR**


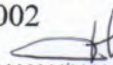


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada

Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**KRISNA PRIBADI**  
**NRP. 2112 030 052**

**Mengetahui/Menyetujui :**

1. Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT .....  (Pembimbing)  
NIP. 19621114 199003 1 002
2. Ir. Syamsul Hadi, MT .....  (Dosen Penguji 1)  
NIP. 19581103 198701 1 001
3. Ir. Gathot Dwi Winarto, MT .....  (Dosen Penguji 2)  
NIP. 19580915 198701 1 001
4. Ir. Winarto, DEA .....  (Dosen Penguji 3)  
NIP. 19601213 198811 1 001

**Surabaya, Juni 2015**

## **DESAIN DAN ANALISIS GAYA PADA ARM ALAT PEMASANG KACA DEPAN BUS**

**Nama Mahasiswa : Krisna Pribadi**  
**NRP : 2112 030 052**  
**Jurusan : D3 Teknik Mesin, FTI-ITS**  
**Dosen Pembimbing 1 :Ir.Budi Luwar Sanyoto, MT**  
**Dosen Pembimbing 2 :Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing.,Ph.D.**

### **Abstrak**

Proses pemasangan kaca depan bus merupakan hal yang biasa dilakukan oleh perusahaan karoseri bus khususnya pada divisi pemasangan pemasangan kaca dan finishing. Proses pemasangan kaca ini membutuhkan tenaga yang ekstra, yaitu membutuhkan 6 orang tenaga kerja. Keenam tenaga kerja ini dibagi tugasnya menjadi 4 orang tenaga kerja bertugas mengangkat kaca ke bagian atas yaitu bagian frame kaca bus dan 2 orang tenaga kerja sisanya bertugas untuk memposisikan kaca ke bagian framenya. Selain membutuhkan waktu dan tenaga yang ekstra, proses pemasangan kaca ini juga harus hati - hati karena mengingat beban kaca yang berat dan harganya yang mahal.

Alat pemasang kaca depan bus merupakan alat bantu yang dibuat untuk membantu mempermudah proses pemasangan kaca depan bus. Rancangan dimulai dari konsep awal dan dilanjutkan ke desain arm. Disini akan merencanakan dan menganalisa gaya yang terjadi pada arm dari alat pemasang kaca depan bus.

Reaksi gaya yang terjadi pada arm adalah untuk mengangkat beban kaca seberat 200 kg dan beban dari arm tersebut.

**Kata Kunci : Kaca depan bus, Alat pemasang kaca depan bus, Arm**

## **DESIGN AND ANALYSIS THE FORCE ON THE ARM WINDSHIELD INSTALLER BUS**

**Name** : Krisna Pribadi  
**NRP** : 2112 030 052  
**Department** : D3 Mechanical Eng. of FTI-ITS  
**Supervisor 1** : Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT  
**Supervisor 2** : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.

### **Abstract**

*Bus windshield installation process is usually done by the body of the bus company, especially in the division glazing installation and finishing. Glass installation process requires extra energy, which requires 6 workers. The sixth labor duties are divided into four workers in charge of lifting the glass to the top of the glass frame that is part of the bus and two people in charge of the remaining workforce to position the glass to the frame. In addition to requiring extra time and energy, glass installation process should also be careful because of heavy glass and the price is expensive. Bus windshield installer tool is a tool created to help simplify the process of mounting the glass front of the bus. The draft starts from the initial concept and continued to arm design. Here will plan and analyze the force that occurs in the arm of a windshield installer bus. Reaction force that occurs in the arm is to lift a load of glass weighing 200 kg and the weight of the arm.*

**Key words :** *The glass front of the bus, the bus windshield installer tool, Arm*

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
TITLE PAGE .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	x
SYMBOL .....	xi

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kaca Bus .....	5
2.1.1 Definisi Kaca .....	5
2.1.2 Macam – Macam Kaca Pada Kendaraan .....	5
2.1.3 Mekanisme Pemasangan Kaca .....	8
2.2 Baja .....	9
2.2.1 Definisi Kaca .....	9
2.2.2 Klasifikasi Baja .....	10
2.2.3 Alloy Steel AISI 4150 .....	11
2.3 Titik Berat .....	13
2.4 Faktor Keamanan .....	17
2.5 Tegangan .....	18
2.6 Momen Inersia .....	22

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Spesifikasi Alat Pemasang Kaca Depan Bus .....	25
3.2 Diagram Alir Tugas Akhir .....	25
3.3 Penjelasan Diagram Alir .....	27
3.4 Diagram Alir Untuk Analisa Dan Perhitungan Gaya Arm .....	29
3.5 Diagram Alir Untuk Perencanaan Dan Perhitungan Pin 1 Dan Pin Arm .....	30
3.6 Prosedur Pengoerasian .....	31

### **BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Perhitungan Arm Ketika Mengangkat Beban .....	33
4.1.1 Perhitungan Pin Vakum.....	36
4.1.2 Perhitungan Gaya Yoke.....	41
4.1.3 Perhitungan Momen Yoke $90^0$ .....	42
4.2 Menghitung Titik Berat Arm 1.....	46
4.3 Menghitung Gaya – Gaya Pada Arm 1 .....	54
4.4 Momen Bending.....	56
4.3.1 Momen Di Potongan 1.....	57
4.3.2 Momen Di Potongan 2.....	57
4.3.3 Momen Di Potongan 3 .....	58
4.5 Syarat Aman.....	58
4.6 Perhitungan Pen Kekuatan Pin .....	61
4.6.1 Pen Antara Pengangkat Beban Dan Arm 1.....	61
4.6.2 Pen Pada Arm 1 Dan 2 .....	63
4.6.3 Hasil Perencanaan .....	65

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

### **BIOGRAFI PENULIS**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Bus Sebagai Alat Transportasi Masal .....	2
<b>Gambar 2.1</b> Kaca Temper .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Kaca Laminasi .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Proses Pemasangan Kaca Bus Secara Manual .....	9
<b>Gambar 2.4</b> Gambar Titik Berat Pada Benda Tak Beraturan ..	14
<b>Gambar 2.5</b> Tegangan Tarik .....	20
<b>Gambar 2.6</b> Tegangan Geser .....	20
<b>Gambar 2.7</b> Gambar Tegangan Bending .....	21
<b>Gambar 2.8</b> Inersia Batang .....	23
<b>Gambar 2.9</b> Inersia Pada Silinder Pejal.....	23
<b>Gambar 2.10</b> Inersia Pada Silinder Berongga.....	24
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	26
<b>Gambar 3.2</b> Desain Alat Pemasangan Kaca Depan Bus.....	28
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir Perhitungan Pen 1 Dan Pen Arm...	29
<b>Gambar 4.1</b> Gambar Arm Mengangkat Beban .....	33
<b>Gambar 4.2</b> Analisa Gaya dan Momen .....	34
<b>Gambar 4.3</b> Susunan Pin Vakum .....	36
<b>Gambar 4.4</b> Pin Vacuum A .....	37
<b>Gambar 4.5</b> Pin Vacuum B .....	38
<b>Gambar 4.6</b> Pin Vacuum C .....	39
<b>Gambar 4.7</b> Pin Vacuum D .....	40
<b>Gambar 4.8</b> FBD Yoke 1 & Yoke 2 $\theta = 90^\circ$ .....	41
<b>Gambar 4.9</b> FBD Yoke 1 .....	42
<b>Gambar 4.10</b> FBD Yoke 2 .....	43
<b>Gambar 4.11</b> FBD Yoke 3 .....	44
<b>Gambar 4.12</b> BD Yoke 4 .....	45
<b>Gambar 4.13</b> Dimensi Arm.....	46
<b>Gambar 4.14</b> Potongan Bagian Arm.....	46
<b>Gambar 4.15</b> Luasan 1 .....	47
<b>Gambar 4.16</b> Luasan 2 .....	47
<b>Gambar 4.17</b> Luasan 3 .....	48
<b>Gambar 4.18</b> Luasan 4 .....	48
<b>Gambar 4.19</b> Luasan 5 .....	49

<b>Gambar 4.20</b> Luasan 6.....	49
<b>Gambar 4.21</b> FBD Arm 1 .....	54
<b>Gambar 4.22</b> Potongan Momen 1 .....	57
<b>Gambar 4.23</b> Potongan Momen 2 .....	57
<b>Gambar 4.24</b> Potongan Momen 3 .....	58
<b>Gambar 4.25</b> Penampang Besi Holow Arm.....	59
<b>Gambar 4.26</b> Titik Berat Pin Arm 1 & Pengangkat.....	61
<b>Gambar 4.17</b> Titik Berat Pin Arm 1 & 2 .....	63

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Mechanical Properties Alloy steel AISI 4150 .....	12
<b>Tabel 2.2</b> Chemical Properties Alloy Steel AISI 4150 .....	13
<b>Tabel 2.3</b> Physical Properies Alloy Steel AISI 4150 .....	13
<b>Tabel 2.4</b> Titik Berat Benda Homogen 2 Dimensi .....	16
<b>Tabel 2.5</b> Faktor Keamanan Yang Disarankan .....	18
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Perencanaan .....	64
<b>Tabel 4.2</b> Material Properties AISI 1020 .....	65
<b>Tabel 2.5</b> Material Properties AISI 4130 .....	65

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Di era modern ini dunia transportasi sangat berkembang pesat. Tingginya tingkat mobilisasi masyarakat memaksa pemerintah untuk terus berbenah diri dalam menata dunia transportasi Indonesia agar lebih baik lagi. Pembinaan itu diantaranya dilakukan dengan cara meningkatkan kualitas pelayanan transportasi publik dengan cara penambahan armada transportasi, harga tiket, rute perjalanan dan lain – lain. Salah satu contoh alat transportasi yang masih terjangkau di semua kalangan masyarakat adalah bus.

Bus merupakan alat transportasi yang mampu menarik simpati semua kalangan masyarakat karena harganya masih terjangkau. Selain itu, rute perjalanan bus juga lebih lengkap dibandingkan dengan alat transportasi lain seperti kereta api, pesawat ataupun kapal yang hanya bisa menjangkau daerah – daerah tertentu saja. Sehingga bus tetap menjadi pilihan utama dalam bepergian baik dalam provinsi, antar provinsi maupun antar pulau.

Sebagai alat transportasi massal yang menjadi favorit masyarakat, bus menjadi salah satu usaha yang sangat prospektif. Sehingga banyak bermunculan pengusaha – pengusaha yang berminat dalam usaha bus tersebut.

Kondisi ini membuat perusahaan karoseri bus kebanjiran order. Perusahaan harus memproduksi bus dalam jumlah yang banyak untuk memenuhi permintaan pasar. Oleh karena itu perusahaan karoseri bus terus berusaha berbenah diri untuk meningkatkan produksi bus secara cepat dan efisien. Perusahaan yang terdiri dari beberapa divisi dituntut untuk bekerja seoptimal mungkin di bidangnya masing – masing.

Salah satu contohnya adalah divisi pemasangan kaca dan finising. Divisi ini merupakan salah satu dari beberapa divisi yang ada dalam karoseri bus yang diuntut bekerja cepat dan efisien untuk memenuhi target permintaan pasar. Sedangkan proses

pemasangan kaca dalam bus merupakan pekerjaan yang tidak mudah, yang membutuhkan keterampilan, SDM yang banyak dan waktu yang cukup lama. Pekerjaan ini juga mempunyai resiko yang cukup besar terutama pada pemasangan kaca depan.



Gambar 1.1 Bus sebagai alat transportasi masal

Penulis menganggap perlunya adanya inovasi untuk mengatasi kendala yang dihadapi oleh divisi pemasangan kaca dan finising, dengan mempercepat dan mempermudah proses pemasangan kaca pada bus, dengan menciptakan alat bantu yang akan mempermudah, mempercepat dan memperkecil resiko pada proses pemasangan kaca bus, sehingga efisiensi waktu kerja pada divisi ini bisa meningkat. Diantara beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan alat ini adalah ketepatan, kecepatan dan keamanan, sehingga alat bisa bekerja dengan optimal.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang yang mendorong tugas akhir ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan penulis inginkan, diantara rumusan tersebut adalah :

1. Bagaimana cara menghasilkan gaya yang mampu mengangkat kaca bus ?
2. Bagaimana agar alat pemasang kaca ini aman ketika melakukan proses pemasangan kaca ?

### **1.3. Batasan Masalah**

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam penulisan tugas akhir ini, maka perlu kiranya diberikan batasan masalah sebagai berikut .:

1. Tidak membahas biaya proses produksi.
2. Tidak membahas sambungan keling dan baut.
3. Analisis pengelasan tidak dibahas.
4. Analisis getaran tidak dibahas.
5. Tidak membahas hidrolik.
6. Faktor waktu pada saat operasi tidak dibahas.

### **1.4. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mewujudkan model alat pemasang kaca depan bus.
2. Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada arm 1.
3. Untuk mengetahui kekuatan pen 1 dan pen arm.

### **1.5. Manfaat**

Dari tugas akhir ini, penulis mengharapkan manfaat dengan adanya perencanaan mekanisme, perhitungan dan analisa pada alat pemasang kaca depan bus ini diharapkan dapat membantu perusahaan karoseri bus terutama pada divisi pemasangan kaca dan finishing dalam proses pemasangan kaca depan bus dengan cepat dan aman sehingga dapat meningkatkan produksi bus pada perusahaan karoseri PT S-Tentrem setiap harinya.

## **1.6.SistematikaPenulisan**

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjas mengenai bagian – bagian tugas akhir, diantaranya :

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan dan manfaat.

### **BAB II. DASAR TEORI**

Pada bab ini berisi teori-teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini dan juga berupa komponen utama serta prinsip kerja setiap komponen.

### **BAB III. METODOLOGI**

Pada bab ini akan menjelaskan tentang metodologi perencanaan, diagram alir perancangan dan proses simulasi.

### **BAB IV. ANALISA DAN PERHITUNGAN**

Pada bab ini akan dibahas tentang desain alat, gaya pada arm, kekuatan pen pada arm 1 dan arm 2 serta kekuatan pen pada pengangkat beban kaca.

### **BAB V. PENUTUP**

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran – saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan pembahasan, berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

### **LAMPIRAN**

Berisi tentang lampiran – lampiran yang dibutuhkan untuk melengkapi tugas akhir ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kaca Bus**

##### **2.1.1 Definisi Kaca**

Kaca adalah amorf (non kristalin) material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh. Kaca dibuat dari campuran 75% silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) plus  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ , dan beberapa zat tambahan.

Disetiap kendaraan umum baik bis, minibis, truck atau kendaraan roda empat lainnya pastinya menemui material kaca. Karena kaca sendiri memang banyak diaplikasikan tidak hanya di kendaraan melainkan di semua barang - barang rumah tangga, bangunan dan lainnya. Tapi kali ini kami mencoba membahas bagai mana cara membuat kaca kendaraan.

##### **2.1.2 Macam - macam kaca pada kendaraan**

Macam- macam kaca yang biasa digunakan pada kendaraan terbagi menjadi dua yaitu :

1. Berdasarkan jenis kaca
  - a. Tempered Glass / Kaca Temper

Tempered Glass adalah kaca yang telah melalui proses pemanasan ( Titik leleh kaca sekitar 2000 dearajat celcius) dan proses pendinginannya secara tiba -tiba, kaca ini pertama kali di temukan oleh *Prince Rupert 's Drop* meskipun masih diperbincangkan siapa penemu pertamanya.



Gambar 2.1 Kaca temper



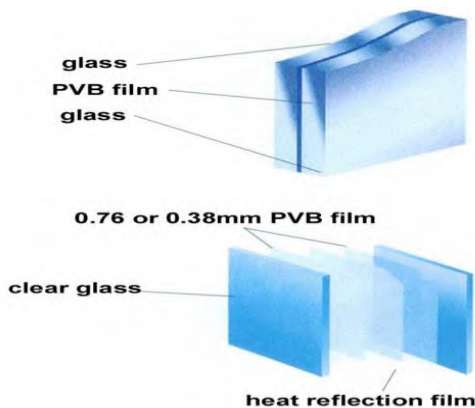
Kaca Tempered adalah selain Kuat (5 - 4 kali kekuatannya di banding kaca umumnya), Tahan Panas, lebih awet dan Cocok untuk di aplikasikan di kendaraan karena kaca tempered jika terpecah akan menjadi pecahan kecil seperti kerikil sehingga mengurangi resiko bahaya penumpang. Penggunaan Kaca tempered (tanpa laminasi) biasanya di kaca samping dan kaca belakang kendaraan.

b. Laminated Glass / Kaca Laminasi

*Laminated glass* adalah pengembangan dari teknologi kaca dimana untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan terutama jika aplikasi kaca laminasi untuk kendaraan.

*Laminated glass* merupakan penggabungan 2 lapis kaca atau lebih yang di antara lapisan kaca terdapat lapisan PVB (*Polyvinyl butyral*). Biasanya kaca berlaminasi berwarna biru atau hijau tapi saat ini banyak pilihan warna laminasi sehingga lebih menarik.

Jika *Laminated glass* atau Kaca laminasi pecah maka potongan kaca / pecahan kaca tidak akan tersebar hal inilah yang membuat *Laminated Glass* sangat aman di gunakan di kendaraan, Biasanya *Laminated Glass* diaplikasi di Kaca depan Kendaraan.



Gambar 2.2 Kaca laminasi

Ada dua alasan mengapa kaca kendaraan tidak diberi lapisan laminasi antara lain dikarenakan faktor biaya dan kondisi darurat. Faktor biaya: untuk membuat kaca berlaminasi dibutuhkan biaya yang lebih mahal di banding tempered Glass. Jika semua kendaraan menggunakan laminated glass secara otomatis harga kendaraan juga semakin mahal.

Faktor kondisi darurat: tidak menutup kemungkinan terjadi kecelakaan lalu lintas di jalan, Jika semua kaca kendaraan di lapisi laminasi maka kaca tidak dapat dipecahkan. Oleh karena itu kaca samping dan belakang tidak menggunakan *Laminated Glass* karena alasan kondisi darurat jika terjadi kecelakaan sehingga kaca mudah di pecahkan.

## 2. Berdasarkan bentuk kaca

### a. Kaca flat

Dalam pembentukan kaca baik kaca flat atau kaca radius sebenarnya hanyalah pengaturan temperatur dan proses pendinginannya saja. Kaca terbentuk dari beberapa campuran pasir silika (*silica sand*), batu kapur (*limestone*), soda abu (*soda ash*), *dolomite* dan *glass cullute* yang dilebur menjadi satu. Nah pada saat proses pencetakan yang perlu di perhatikan adalah proses pendinginan karena untuk membuat kaca benar-benar Flat/datar harus menjaga temperatur di permukaan kaca sama/stabil secara merata. Karena jika proses pendinginan kaca di permukaan tidak sama, maka kaca tidak akan bisa datar.

### b. Kaca Radius / Lengkung

Kaca radius sebenarnya berbahan dasar dari kaca lembaran datar yang kemudian di proses pemanasan ulang (tidak sampai mencair), Proses pemanasan ini bertujuan untuk membuat kaca datar menjadi lebih empuk sehingga mudah di bentuk.

Biasanya lembaran kaca dimasukan ke dalam oven dimana oven tersebut memiliki pemanasan/*heater* di bagian atas dan bawah. Setelah di peroleh suhu yang tepat maka kaca di keluarkan dari dalam oven melalui *roller* yang berjalan menuju pada proses pendinginan.

Pada proses pendinginan inilah diperlukan ketepatan dalam mengatur temperatur, karena kita ingin membuat kaca radius maka temperatur permukaan kaca dibuat berbeda antara temperatur atas dan temperatur bawah. Jika Temperatur permukaan kaca atas lebih lambat dingin maka kaca akan melengkung ke atas begitu juga sebaliknya. Nah untuk membuat radius yang diinginkan maka perlu pengaturan yang tepat agar saat kaca akan terpasang di frame tidak bermasalah.

Pendinginan kaca untuk mengatur temperatur adalah dengan meniupkan angin ke permukaan kaca, jadi jika dilihat di mesin pembuat kaca, kaca akan terlihat melayang karena tertiuap angin dan untuk mengaturnya nossel angin dari kompresor yang di mainkan atau di atur dekat atau jauh sehingga menghasilkan waktu pendingan lebih cepat atau lambat. Pembuatan kaca dengan proses di ini biasanya hanya untuk *single radius* (melengkung satu sisi).

Lalu bagaimana proses pembuatan kaca dengan *multy radius*, secara proses hampir sama dengan pembuatan kaca single radius akan tetapi biasanya lebih susah dikarenakan membutuhkan alat yang lebih mahal misal Dies/Cetakan sehingga dapat membuat radius kaca yang sesuai dengan keinginan.

### **2.1.3 Mekanisme Pemasangan Kaca**

Mekanisme pemasangan kaca sebelumnya biasa dilakukan dengan dua cara yaitu pemasangan secara manual biasa dan pemasangan menggunakan *crane*.

#### **1. Pemasangan Kaca Manual Biasa**

Mekanisme pemasangan kaca jenis manual ini semua prosesnya dilakukan secara manual yaitu dengan tenaga manusia. Biasanya dibutuhkan 6 tenaga kerja untuk proses pemasangan kaca depan bus. Keenam tenaga kerja ini dibagi tugasnya menjadi 4 orang bertugas mengangkat kaca dari bawah ke atas *frame* kaca depan bus dan dua orang sisanya bertugas untuk memposisikan kaca agar melekat ke *frame*-nya.



Gambar 2.3 Proses pemasangan kaca bus secara manual

Proses pemasangan kaca jenis ini selain memerlukan jumlah SDM yang banyak juga memerlukan SDM yang sudah berpengalaman dalam memasang kaca. Sehingga secara otomatis memerlukan banyak biaya ongkos untuk pemasangan.

## 2. Pemasangan Dengan Bantuan Crane

Mekanisme pemasangan kaca jenis ini menggunakan crane sebagai alat bantu untuk mengangkat kaca ke bagaian framenya. Proses pemasangan kaca jenis ini tidak lagi membutuhkan banyak SDM yang bekerja. Proses ini hanya membutuhkan 3 orang pekerja saja. Hanya perusahaan-perusahaan karoseri besar yang menggunakan sistem pemasangan kaca seperti ini.

## 2.2 Baja

### 2.2.1 Definisi Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan

karbon dalam baja berkisar antara 0,2 % hingga 2,1 % berat sesuai grade-nya.

### 2.2.2 Klasifikasi Baja

Baja secara umum dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu :

#### 1. Baja Karbon (*carbon steel*)

Baja karbon dapat terdiri atas :

- Baja karbon rendah (*low carbon steel*)  
*Machine, machinery dan mild steel (0,05 % – 0,30% C )*  
Sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin. Kegunaannya:  
0,05 % – 0,20 % C : *automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails*  
0,20 % – 0,30 % C : *gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings.*
- Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)  
Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Kegunaannya :  
0,30 % – 0,40 % C : *connecting rods, crank pins, axles.*  
0,40 % – 0,50 % C : *car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers.*  
0,50 % – 0,60 % C : *hammers dan sledges*
- Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) *tool steel*  
Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan 0,60 % – 1,50 % C. Kegunaannya : *screw drivers, blacksmiths hummers, tables knives, screws, hammers, vise jaws, knives, drills. tools for turning brass and wood, reamers, tools for turning hard metals, saws for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters.*

#### 2. Baja Paduan (*Alloy steel*)

Baja paduan dapat didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih campuran yang bertujuan untuk memperoleh sifat – sifat baja yang dikehendaki.

Tujuan dilakukan penambahan unsur yaitu:

- Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya)
- Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah
- Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi)
- Untuk membuat sifat-sifat spesial

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

- *Low alloy steel*, jika elemen paduannya  $\leq 2,5 \%$
- *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya  $2,5 - 10 \%$
- *High alloy steel*, jika elemen paduannya  $> 10 \%$

Baja paduan juga dibagi menjadi dua golongan yaitu baja campuran khusus (*special alloy steel*) & *high speed steel*.

- Baja Paduan Khusus (*special alloy steel*)

Baja jenis ini mengandung satu atau lebih logam-logam seperti *nikel*, *chromium*, *manganese*, *molybdenum*, *tungsten* dan *vanadium*. Dengan menambahkan logam tersebut ke dalam baja maka baja paduan tersebut akan merubah sifat-sifat mekanik dan kimianya seperti menjadi lebih keras, kuat dan ulet bila dibandingkan terhadap baja karbon (*carbon steel*)

- High Speed Steel (HSS) Self Hardening Steel

Kandungan karbon:  $0,70 \%$  –  $1,50 \%$ . Penggunaan membuat alat-alat potong seperti *drills*, *reamers*, *countersinks*, *lathe tool bits* dan *milling cutters*. Disebut *High Speed Steel* karena alat potong yang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dua kali lebih cepat dibanding dengan *carbon steel*. Sedangkan harga dari HSS besarnya dua sampai empat kali daripada *carbon steel*

### 2.2.3 Alloy Steel AISI 4150

*Alloy steel* 4150 merupakan material yang biasa digunakan untuk kontruksi karena sifat materialnya yang mendukung. *Alloy steel* AISI 4150 merupakan baja paduan yang menurut kadar karbonnya termasuk dalam *medium alloy steel* karena elemen paduannya  $2,5 \%$  -  $10 \%$ .

Berikut ini adalah table spesifikasi dari material alloy steel AISI 4150 :

**Tabel 2.1 *Mechanical Properties Alloy steel AISI 4150***  
(<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6770>)

Properties	Metric	Imperial
Tensile strength	731 MPa	106000 psi
Yield strength	380 MPa	55100 psi
Izod Impact	24 J	17.7 ft-lb
Bulk modulus (typical for steel)	140 GPa	20300 ksi
Shear modulus (typical for steel)	80 GPa	11600 ksi
Elastic modulus	190-210 GPa	27557-30458 ksi
Poisson's ratio	0.27-0.30	0.27-0.30
Elongation at break (In 50 mm)	20.20%	20.20%
Reduction of area	40%	40%
Hardness, Brinell	197	197
Hardness, Knoop (converted from Brinell hardness)	219	219
Hardness, Rockwell B (converted from Brinell hardness)	92	92
Hardness, Rockwell C (converted from Brinell hardness. Value below normal HRC range, for comparison purposes only)	13	13
Hardness, Vickers (converted from Brinell hardness)	207	207
Machinability (annealed and cold drawn; based on AISI 1212 as 100 machinability)	55	55

Tabel. 2.2 Chemical Properties alloy steel AISI 4150  
*sumber:* (<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=677>)

Element	Content (%)
Iron, Fe	96.745 - 97.67
Chromium, Cr	0.800 - 1.10
Manganese, Mn	0.750 - 1.00
Carbon, C	0.480 - 0.530
Silicon, Si	0.150 - 0.300
Molybdenum, Mo	0.150 - 0.250
Sulfur, S	0.0400
Phosphorous, P	0.0350

Tabel 2.3. Physical Properties alloy steel AISI 4150  
*sumber:* (<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=677>)

Properties	Metric	Imperial
Density	7.85 g/cm <sup>3</sup>	0.284 lb/in <sup>3</sup>
Melting point	1427°C	2600°F

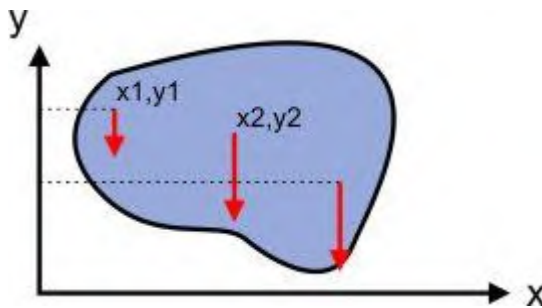
### 2.3 Titik Berat

Semua benda yang ada di permukaan bumi dipengaruhi oleh percepatan yang mengarah ke pusat bumi yang disebut gravitasi (disimbolkan  $g$ ). Percepatan inilah yang menyebabkan benda bermassa mengalami gaya berat yang arahnya ke pusat bumi.

$$\text{Gaya Berat (W)} = m \times g$$



Sebuah benda tersusun atas partikel - partikel berukuran kecil yang mempunyai berat. Resultan dari berat partikel-partikel kecil itu membentuk resultan gaya berat yang mempunyai titik tangkap. Titik tangkap dari resultan gaya tersebut disebut titik berat benda. Dengan demikian dapat didefinisikan bahwa titik berat suatu benda merupakan titik tangkap resultan semua gaya berat yang bekerja pada setiap partikel penyusun benda tersebut.



Gambar 2.4 Gambar titik berat pada benda bentuk tak beraturan

Misalkan ada sebuah benda tegar yang dibagi-bagi menjadi beberapa bagian-bagian yang lebih kecil. Bagian-bagian tersebut kemudian kita sebut dengan partikel. Jika kita namakan partikel tersebut partikel 1,2,3,..., n dan masing-masing memiliki berat  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$  dan masing-masing memiliki titik tangkap gaya berat di  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)$ . Setiap partikel akan menghasilkan suatu momen gaya terhadap titik asal koordinat yang besarnya sama dengan perkalian gaya berat (massa x g) dikali dengan lengan momennya (x).

$$\tau_1 = W_1 \cdot x_1$$

$$\tau_2 = W_2 \cdot x_2$$

$$\tau_3 = W_3 \cdot x_3$$

$$\tau_n = W_n \cdot x_n$$

menentukan koordinat gaya berat (W) yang akan menghasilkan efek yang sama dengan semua pada semua partikel-partikel yang

menyusunnya. Dari momen gaya total yang dihasilkan oleh W yang bekerja pada titik berat (misal  $x_0$ ) dirumuskan

$$\tau_0 = W \cdot x_0 = W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + \dots + W_n \cdot x_n$$

karena  $W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n$  maka didapat rumus titik berat benda

$$x_0 = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_n \cdot x_n}{W_1 + W_2 + W_3 + W_n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Apabila benda dan sumbu-sumbu pembandinganya (sumbu x dan sumbu y) diputar 90 derajat maka gaya gravitasi akan berputar 90 derajat pula. Tidak ada perubahan sedikitpun pada berat total benda. Tetapi besarnya momen gaya dari tiap partikel akan berubah karena lengan momennya bukan lagi jarak x dari titik pusat melainkan jarak y dari titik pusat. Jika titik berat benda pada sumbu y adalah  $y_0$  maka cara menentukan posisi  $y_0$  bisa menggunakan rumus

$$y_0 = \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_n \cdot y_n}{W_1 + W_2 + W_3 + W_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dari kedua rumus di atas, kita bisa perhatikan kalau dari rumus

$W = m \cdot g$  sehingga,

$W_1 = m_1 \cdot g_1$ ,  $W_2 = m_2 \cdot g_2$ , dan seterusnya dengan demikian variable g dapat kita coret sehingga kita bisa mencari titik berat benda dari massa partikel dengan menggunakan rumus

$$x_0 = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$y_0 = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + m_n \cdot y_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_n} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan Rumus :

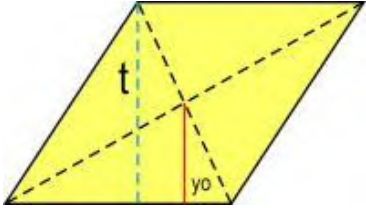
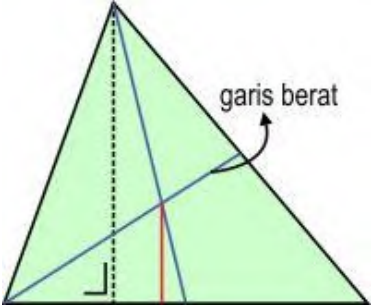
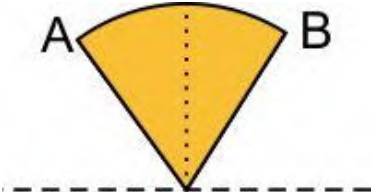
$x_0$  = absis (x) dari titik berat benda

$y_0$  = ordinat (y) dari titik berat benda

$m_i$  = massa partikel ke-i

$x_i$  = absis titik tangkap dari partikel ke-i  
 $y_i$  = ordinat titik tangkap dari partikel ke-i

Tabel 2.4 Titik Berat Benda Homogen 2 Dimensi

Nama Benda	Letak Titik Berat	Keterangan
<p>Jajaran genjang, belah ketupat, bujur sangkar, persegi</p> 	<p>perpotongan diagonal  <math>y_o = 1/2 t</math></p>	<p><math>t</math> = tinggi  <math>z</math> = titik perpotongan diagonal</p>
<p>Bidang Segitiga</p> 	<p><math>y_o = 1/3 t</math></p>	<p><math>t</math> = tinggi segitiga  <math>z</math> + titik potong garis-garis berat</p>
<p>Bidang Juring Lingkaran</p> 	<p><math>y_o = 2/3 R \times</math>          talibusur AB / busur AB</p>	<p><math>R</math> = jari-jari lingkaran</p>

Bidang Setengah Lingkaran	$y_o = 4R/3 \pi$	R = jari-jari
---------------------------	------------------	---------------

## 2.4 Faktor keamanan

Faktor keamanan pada awalnya didefinisikan sebagai suatu bilangan pembagi kekuatan ultimate material untuk menentukan “tegangan kerja” atau “tegangan design”. Perhitungan tegangan design ini pada jaman dulu belum mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti impak, fatigue, dan lain-lain, sehingga faktor keamanan nilainya cukup besar yaitu sampai 20-30. Dalam “*modern engineering practice*”, faktor keamanan dalam design harus mempertimbangkan hampir semua faktor yang mungkin meningkatkan terjadinya kegagalan. Faktor keamanan merupakan hasil perbandingan dari tegangan luluh sesungguhnya terhadap tegangan maksimum yang terjadi,

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{\text{Tegangan Luluh}}{\text{Tegangan Masimum ( yang terjadi)}} \dots\dots(2.5)$$

Beberapa referensi juga mendefinisikan faktor keamanan sebagai perbandingan antara “*design overload*” dan “normal load”. Penentuan nilai numerik faktor keamanan sangat tergantung pada berbagai parameter dan pengalaman. Parameter-parameter utama yang harus diperhatikan adalah jenis material, tipe dan mekanisme aplikasi beban, keadaan diberi tegangan, jenis komponen dan lain- lain, sehingga tabel dapat dilihat seperti dibawah ini,

Tabel 2.5 Faktor keamanan yang disarankan

No.	Faktor Keamanan	Parameter dan tingkat Ketidakpastian
1.	1,25 – 1,5	Untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2.	1,5 – 2,0	Untuk bahan yang sudah diketahui dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3.	2,0 – 2,5	Untuk bahan yang beroperasi secara rata – rata dengan batasan beban yang diketahui.
4.	2,5 – 3,0	Untuk bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi ,beban dan tegangan rata -rata
5.	3,0 – 4	Untuk bahan yang sudah diketahui . beban dan tegangan yang tidak pasti dan kondisi lingkungan yang juga tidak pasti

*Sumber: Aaron D.Deutschman, Machine Design, 1975*

## 2.5 Tegangan

Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya normal tiap satuan luas dan tegangan ini dianggap terbagi merata pada luas

penampang melintang bagian benda. Tegangan timbul akibat adanya beban atau gaya yang bekerja pada sebuah benda atau material. Dalam benda atau material itu sendiri ada tegangan ijin yang besarnya ditentukan oleh *yield point* material dan faktor keamanan (sf) yang diambil. Dari kedua tegangan inilah akan diperoleh dimensi yang terkecil namun aman terhadap gaya atau beban yang bekerja pada benda tersebut.

Umumnya gaya – gaya yang bekerja pada luasan sangat kecil pada penampang tersebut bervariasi dalam besar maupun arah. Gaya dalam merupakan resultan dari gaya – gaya pada luasan sangat kecil ini. Intensitas gaya menentukan kemampuan suatu material terutama dalam memikul beban, disamping itu mempengaruhi sifat-sifat kekakuan maupun stabilitas. Intensitas gaya dan arahnya yang bervariasi dari titik ke titik dinyatakan sebagai tegangan. Karena perbedaan pengaruhnya terhadap material struktur, biasanya tegangan diuraikan menjadi komponen yang tegak lurus dan sejajar dengan arah potong suatu penampang.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :  $\sigma$  = tegangan ( N/mm<sup>2</sup>)

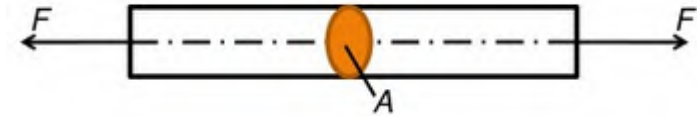
F = gaya tekan atau tarik (N)

A = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

Tegangan–tegangan yang timbul dalam perhitungan/ perencanaan elemen mesin terdiri dari:

1. Tegangan tarik dan tekan (*Tensile dan Compression stress*).
2. Tegangan geser (*Shears stress*) disini termasuk tegangan puntir (*Torsional Stress*).
3. Tegangan bending / lengkung (*Bending stress*).
4. Tegangan kombinasi (*Combination stress*).

## 1. Tegangan Tarik



Gambar 2.5 Tegangan Tarik

Sumber: <http://www.slideshare.net/DwiRatna3/tegangan-33830413>

Apabila terdapat sepasang gaya tekan aksial yang mendorong suatu batang, akibatnya batang ini cenderung untuk mempendek atau menekan batang tersebut. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\sigma_t = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

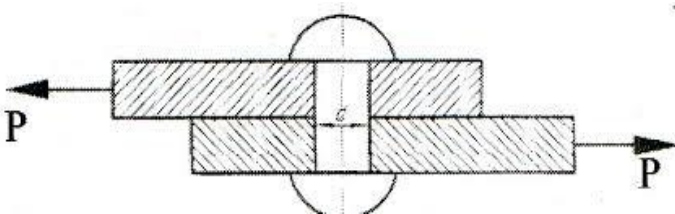
Dimana :

F = besarnya gaya yang bekerja (N,lbf,kgf)

A = luas penampang (cm<sup>2</sup>,in<sup>2</sup>,mm<sup>2</sup>)

d = diameter batang (cm,in,mm)

## 2. Tegangan Geser



Gambar 2.6 Tegangan Geser

Sumber: <https://grisamesin.wordpress.com/2012/04/16/sambungan-keling-2/>

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut.

$$T_s = \frac{F}{l \cdot t} \text{ (untuk single shear) .....(2.9)}$$

$$T_s = \frac{F}{2l \cdot t} \text{ (untuk double shear) .....(2.10)}$$

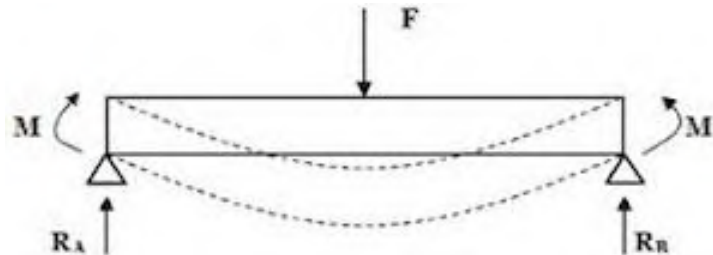
Dimana :

F = Gaya yang bekerja

l = lebar

t = tebal

### 3. Tegangan Bending



Gambar 2.7 Gambar tegangan bending

Sumber: <http://blog.ub.ac.id/rizalhendrawan/2012/09/21/tegangan-lengkung/>

Merupakan tegangan yang diakibatkan oleh bekerjanya momen lentur pada benda. Sehingga pelenturan benda disepanjang sumbunya menyebabkan sisi bagian atas tertarik, karena bertambah panjang dan sisi bagian bawah tertekan, karena



memendek. Dengan demikian struktur material benda di atas sumbu akan mengalami tegangan tarik, sebaliknya dibagian bawah sumbu akan terkena tegangan tekan. Sedangkan daerah diantara permukaan atas dan bawah, yaitu yang sejajar dengan sumbu benda tetap, tidak mengalami perubahan, ini disebut sebagai bidang netral. Persamaan tegangan bending dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma_{max} = \frac{M_b \cdot I}{c} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :  $\sigma_{max}$  = Tegangan Maksimum (MPa)  
 $M_b$  = Momen Bending (N.mm)  
 $I$  = Inersia Penampang ( $\text{mm}^4$ )  
 $C$  = Sumbu Netral

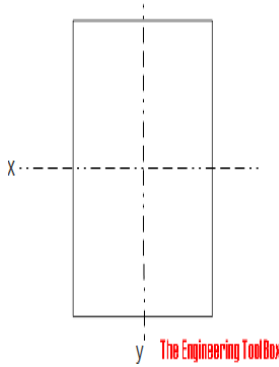
#### 4. Tegangan Kombinasi

Tegangan kombinasi merupakan gabungan dari beberapa tegangan yang bekerja pada suatu benda. Contohnya dalam suatu benda terdapat tegangan bending dan momen torsi.

### 2.6 Momen Inersia

Momen Inersia merupakan ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya. Besaran ini adalah analog rotasi daripada massa. Momen inersia berperan dalam dinamika rotasi seperti massa dalam dinamika dasar, dan menentukan hubungan antara momentum sudut dan kecepatan sudut, momen gaya dan percepatan sudut, dan beberapa besaran lain. Dalam pengaplikasiannya momen inersia dibedakan menjadi beberapa bagian diantaranya :

#### 2.4.1 Momen Inersia pada Batang tipis :



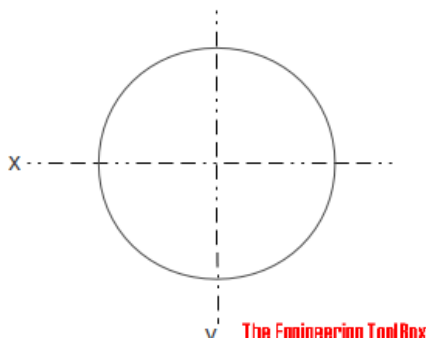
Gambar 2.8 Inersia Batang

*Sumber : Richards, Keith L.2013.Design Engineer's Handbook.United States of America.CRC Press Taylor & Francis Group*

$$I = \frac{B \cdot H^3}{12} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana : I = Momen Inersia (mm<sup>4</sup>)  
 B = Lebar benda (mm)  
 H = Tinggi benda (mm)

#### 2.4.2. Momen inersia pada Silinder Pejal



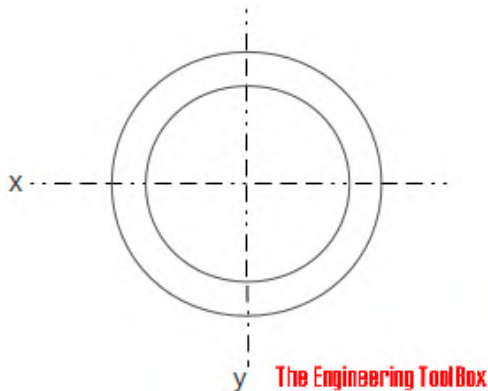
Gambar 2.9 Inersia pada Silinder Pejal

Sumber : [http://www.engineeringtoolbox.com/area-moment-inertia-d\\_1328.html](http://www.engineeringtoolbox.com/area-moment-inertia-d_1328.html)

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : I = Momen Inersia (mm<sup>4</sup>)  
d = diameter silinder (mm)

### 2.4.3. Momen Inersia Pada Silinder Berongga



Gambar 2.10 Inersia pada Silinder Berongga

Sumber : [http://www.engineeringtoolbox.com/area-moment-inertia-d\\_1328.html](http://www.engineeringtoolbox.com/area-moment-inertia-d_1328.html)

$$I = \frac{\pi \cdot (d_0^4 - d_1^4)}{64} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

I = Momen Inersia (mm<sup>4</sup>)  
d<sub>1</sub> = diameter dalam silinder (mm)  
d<sub>2</sub> = diameter luar silinder (mm)

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam suatu analisa atau studi harus terstruktur dengan baik sehingga dapat dengan mudah menerangkan atau menjelaskan perancangan yang dilakukan. Oleh karena itu pada bab ini akan dijelaskan mengenai seluruh proses perancangan dan perhitungan Arm 1 pada alat pemasang kaca depan bus. Proses perancangan dan perhitungan alat pemasang kaca depan bus pada Tugas Akhir ini digambarkan dalam sebuah diagram alir.

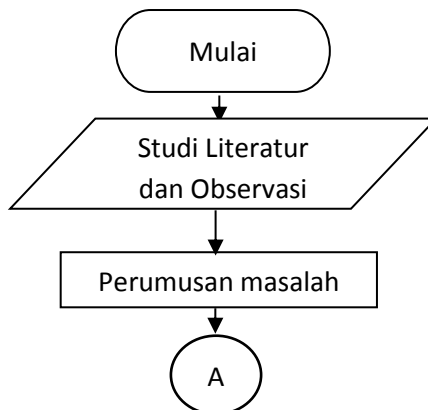
### 3.1 Spesifikasi Alat Pemasang Kaca Depan Bus

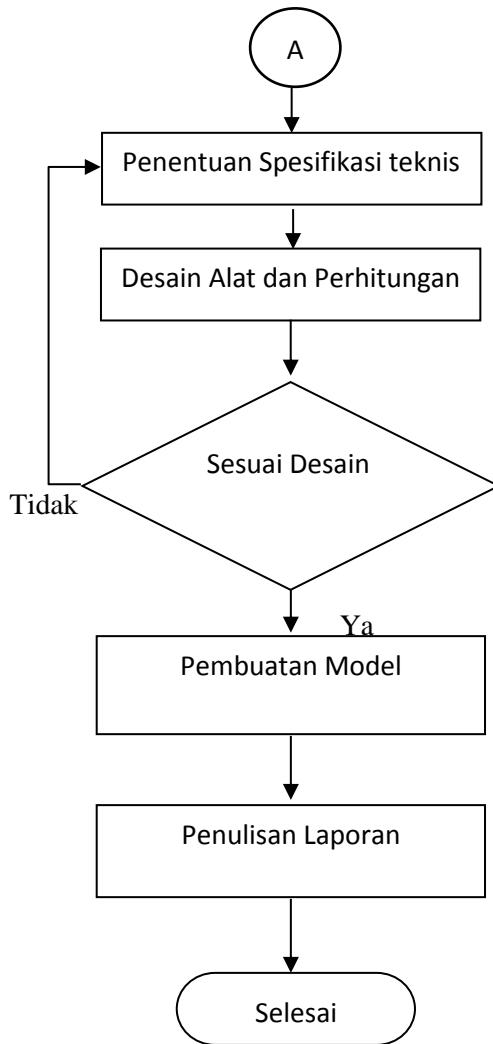
Spesifikasi alat pemasang kaca depan bus ini adalah sebagai berikut:

- Panjang total : 2500 mm.
- Lebar : 1800 mm.
- Tinggi maksimal : 2800 mm.
- Daya angkat max : 400 kg.
- Berat : 800 kg

Pada lengan pengangkat yang disebut dengan arm 1 menggunakan material bahan *alloy steel* AISI 4150

### 3.2 Diagram Alir Tugas Akhir





Gambar 3.1 Diagram Alir

### **3.3 Penjelasan Diagram Alir**

#### **a. Study Literatur**

Pada tahap ini berupa pencarian referensi dan bahan – bahan pustaka yang berkaitan dengan segala sesuatu yang dapat dijadikan dasaran dalam perencanaan alat pemasang kaca depan bus. Pencarian referensi dan bahan pustaka dapat didapatkan melalui berbagai sumber diantaranya buku, tugas akhir yang terdahulu ataupun media internet.

#### **b. Observasi**

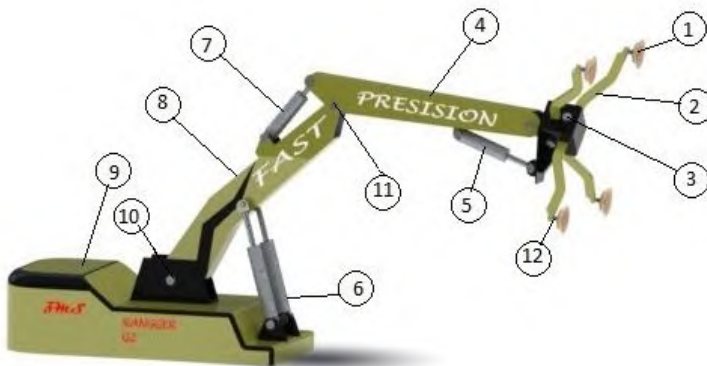
Hal yang dilakukan pada tahapan ini adalah melakukan pengamatan tentang proses pemasangan kaca depan bus di lapangan. Dari proses pengamatan tersebut kita dapat mempelajari tentang mekanisme dari proses pemasangan kaca depan bus secara langsung. Setelah kita melakukan observasi maka kemudian kita bisa menarik suatu kesimpulan daari permasalahan.

#### **c. Perumusan Masalah**

Pada tahapan ini meliputi berapa gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat beban dan material apakah yang yang kuat untuk mengangkat kaca depan bus.

#### **d. Desain Alat**

Pada tahapan ini kita mendesain alat yang dibutuhkan di lapangan untuk membantu proses pemasangan kaca depan bus.



Gambar 3.2 Desain alat pemasang kaca depan bus

Keterangan Gambar 3.2 :

- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| 1. Vacum        | 7. Hidrolis 2 |
| 2. Yoke         | 8. Arm 2      |
| 3. Pen Yoke 1&2 | 9. Plat Form  |
| 4. Arm 1        | 10. Pen Arm 2 |
| 5. Hidrolis 1   | 11. Pen Arm 1 |
| 6. Hidrolis 3&4 | 12. Pen Vacum |

e. Perhitungan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perhitungan dan analisa reaksi gaya yang terjadi pada arm 1, pen 1 dan pen arm. Tahapan ini digunakan untuk peentuan bahan material dan dimensi yang sesuai dengan perhitungan.

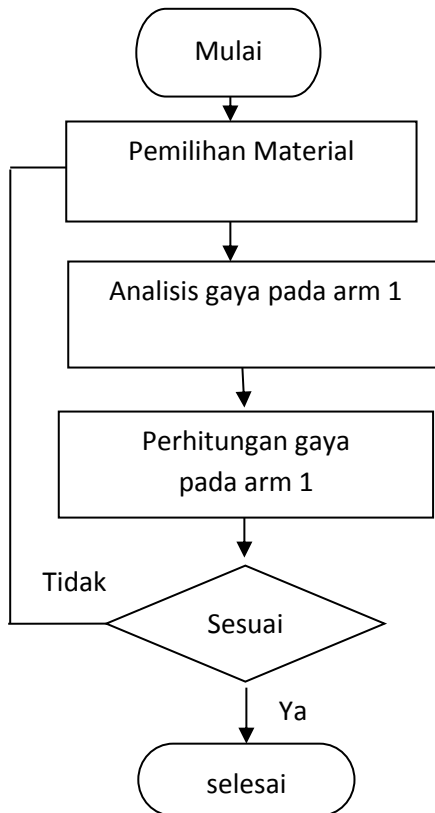
f. Pembuatan Model

Pada tahapan ini bertujuan untuk mensimulasikan unjuk kerja alat pemasang kaca depan pada bus.

h. Pembuatan Laporan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir berupa penulisan laporan dari apa yang telah kita kerjakan.

### 3.4 Diagram alir untuk analisa dan perhitungan gaya arm



Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan Arm 1.

Keterangan diagram alir perhitungan arm 1:

- a) Pemilihan material  
Pemilihan material ditentukan dengan mencari referensi dari material alat – alat yang mempunyai mekanisme proses yang memiliki kesamaan.
- b) Analisis gaya pada arm 1  
Bertujuan untuk mengetahui gaya – gaya apa saja yang terjadi pada arm 1. Setelah mengetahui gaya –

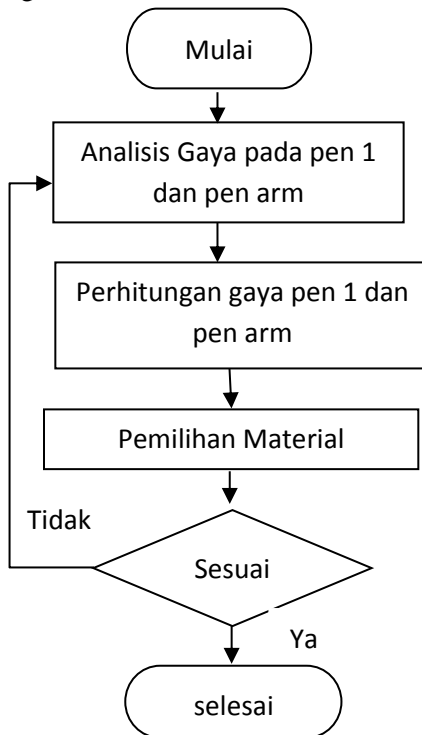


gaya yang bekerja pada arm 1 kemudian kita dapat membuat diagram benda bebas.

- c) Perhitungan gaya pada arm 1  
Perhitungan gaya ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang terjadi kemudian dari hasil perhitungan tersebut dapat dicocokkan apakah dengan sesuai material yang telah kita tentukan.

### 3.5 Diagram alir untuk perencanaan dan perhitungan pin 1 dan pin arm.

Pada tahapan ini meliputi tentang analisa reaksi gaya yang terjadi pada pin 1 yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan pin dan material bahan minimal yang mampu menahan beban sesuai dengan desain yang telah kita rencanakan.



Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan Pin 1 & Pen Arm.

Keterangan diagram alir perhitungan Pen 1 dan pen arm:

a) Analisis gaya

Bertujuan untuk mengetahui gaya – gaya yang terjadi pada pen 1 dan pen. Dengan mengetahui gaya yang bekerja pada pen tersebut kemudian menentukan diagram bebas dari gaya – gaya yang terjadi pada pen 1 dan pen arm.

b) Perhitungan gaya

Setelah mengetahui gaya – gaya yang terjadi maka melanjutkan perhitungan tegangan yang terjadi pada pen tersebut.

c) Pemilihan material

Setelah mengetahui perhitungan tegangan yang terjadi, kemudian kita menentukan bahan yang sesuai. Cara pemilihan bahan menggunakan tabel data material properties.

### **3.6. Prosedur Pengoperasian**

Berikut ini akan diuraikan tentang prosedur pengoperasian Alat pemasang kaca depan bus. Prosedur pengoperasian alat ini adalah :

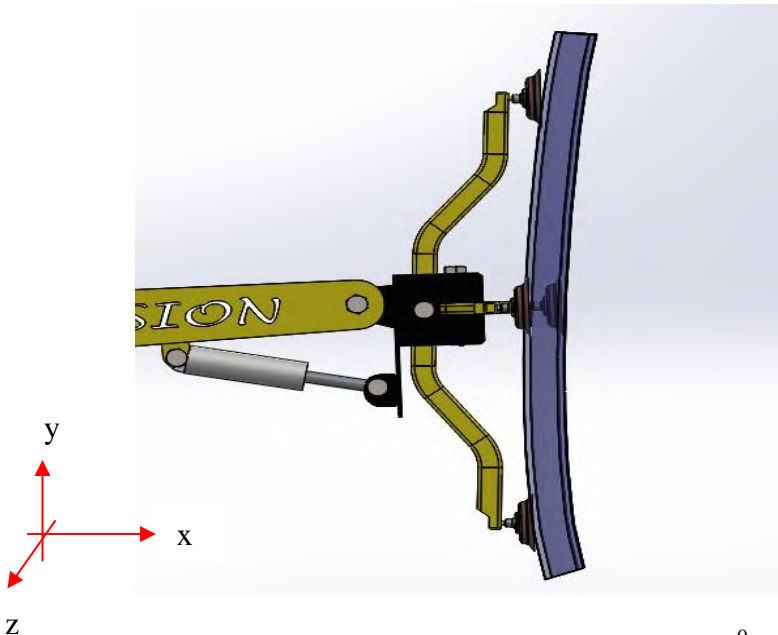
- Pertama, Hidupkan engine untuk memutar pompa hidrolis.
- Kedua, setelah engine hidup gerakkan alat menuju tempat penyimpanan kaca, cara menggerakkannya dengan cara menginjak pedal gas dan menarik tuas hidrolis penggerak roda.
- Ketiga, arahkan vacum pada kaca dengan cara menggerakkan kombinasi hidrolis 1,2 dan 3. Gerakkan hidrolis sesuai dengan kebutuhan.
- Keempat, tempelkan vacum pada kaca dan tarik tuas penghisap vacum agar vacum bisa memegang kaca.
- Kelima, angkat kaca dan arahkan kaca pada bagian body depan bus.

- Keenam, tepatkan posisi dengan menggunakan gerakan kombinasi dari hidrolis 1,2 dan 3, setelah posisinya tepat tahan dan pasang karet pengikat kaca pada bus..

## BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

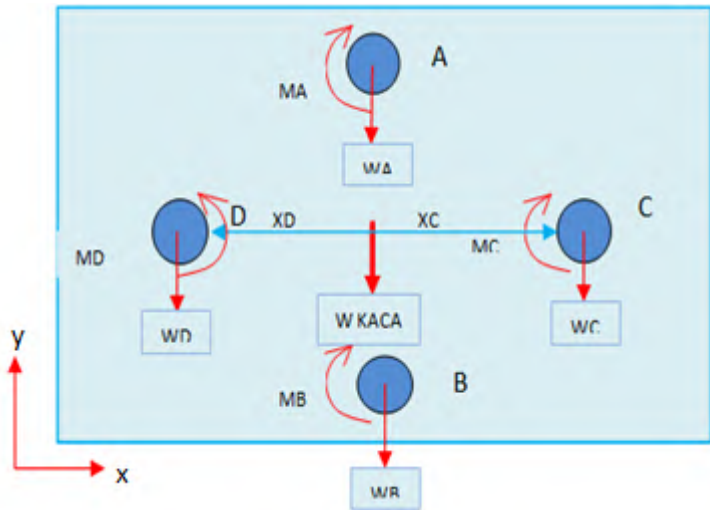
Pada bab ini akan dibahas tentang perancangan arm1. Selain itu pada bab ini juga akan membahas tentang perhitungan gaya – gaya yang terjadi pada pin vakum,yoke dan arm 1 ketika mengangkat beban posisi  $90^0$

### 4.1 Perhitungan posisi ketika arm mengangkat beban



**Gambar 4.1** Gambar Mengangkat Kaca  $\theta: 90^0$   
Vertikal Dari Sumbu X

Gaya Langsung Yang Terjadi :



**Gambar 4.2** Analisis Gaya dan Momen Pada Vakum dari sumbu (-Y)

Diketahui :

$m_{\text{kaca}}$  : 200 kg

$m_{\text{vakum}}$  : 2 kg

$m_{\text{pin}}$  : 0.5 kg

$W_{\text{Kaca}}$  : 1962 N

$W_{\text{Vacum}}$  : 19,62 N

$W_{\text{Pin}}$  : 4,9 N

Asumsi :  $W_A = W_B = W_C = W_D$

$$4 W_A = W_{\text{Total}}$$

$$W_A = \frac{W_{\text{Kaca}} + W_{\text{vakum}}}{4}$$

$$W_A = \frac{1962 \text{ N} + 19,62 \text{ N}}{4} = \frac{1981,62}{4} = 495,40 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} &: XA = XB = XC = XD \\ &XA = 0,375 \text{ m} \end{aligned}$$

### **A. Perhitungan Momen Pada Vakum A**



$$+\Sigma M_A = 0$$

$$M_A - WD(XD) + WB(0) + WC(XC) = 0$$

$$M_A = 495,40 (0,375) - 495,40 (0) - 495,405 (0,375)$$

$$M_A = 0$$

### **B. Perhitungan Momen Pada Vakum B**



$$+\Sigma M_B = 0$$

$$M_B - WD(XD) + WA(0) + WC(XC) = 0$$

$$M_B = 495,40 (0,375) - 495,40 (0) - 495,405 (0,375)$$

$$M_B = 0$$

### **C. Perhitungan Momen Pada Vakum C.**



$$+\Sigma M_C = 0$$

$$M_C - WD(2X) - WA(X) - WB(X) = 0$$

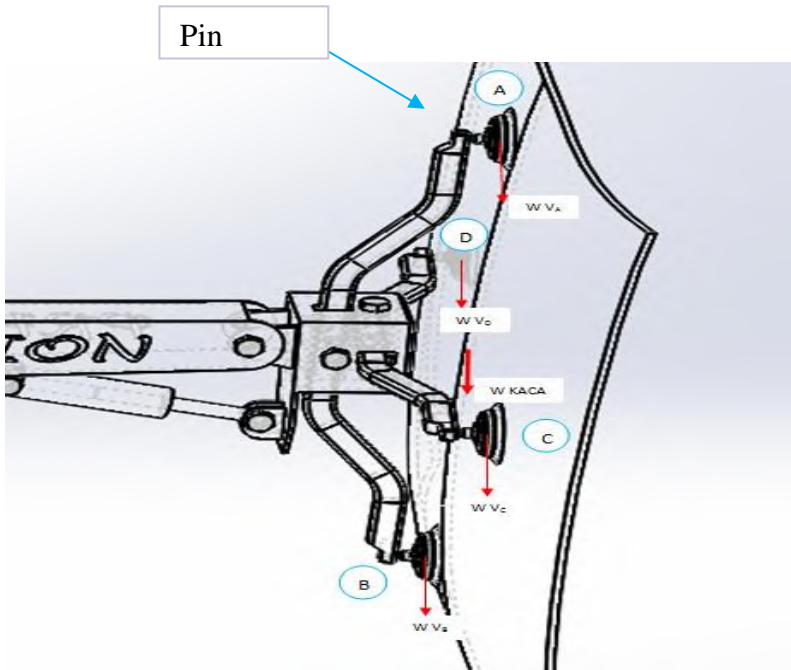
$$M_C = 495,40 (0,75) + 495,40 (0,375) + 495,40 (0,375)$$

$$M_C = 743,1 \text{ Nm}$$

## D. Perhitungan Momen Pada Vakum D.

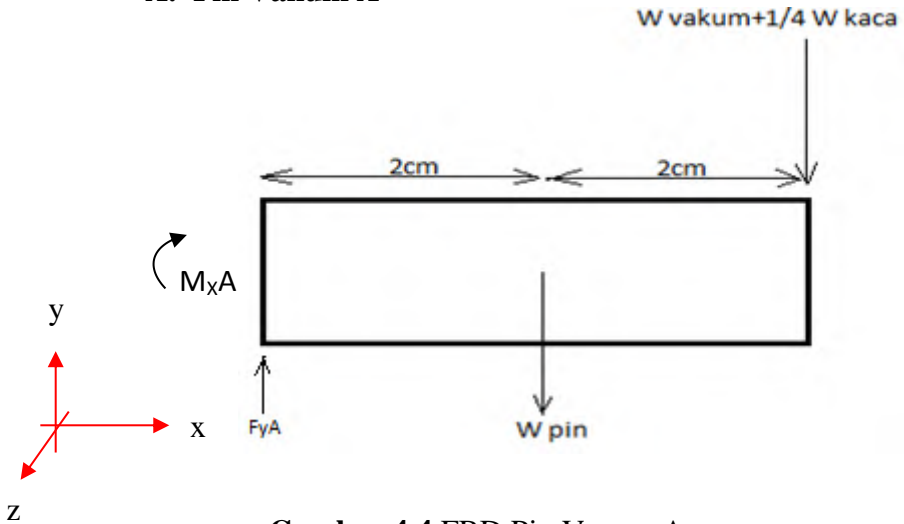
$$\begin{aligned} +\Sigma M_D &= 0 \\ -M_D + WC(2X) + WA(X) + WB(X) &= 0 \\ -M_D &= -495,40 (0,75) - 495,40 (0,375) \\ &\quad - 495,40 (0,375) \\ M_D &= 743,1 \text{ Nm} \end{aligned}$$

### 4.1.1 Perhitungan Pin Vakum



**Gambar 4.3** Susunan Pin Vakum

## A. Pin Vakum A



**Gambar 4.4** FBD Pin Vacuum A

$$+\uparrow \Sigma F_{yA} = 0$$

$$F_{yA} - W_{pin} - W_{vacum} - W_{\frac{1}{4}kaca} = 0$$

$$F_{yA} - 4,9 N - 19,62 N - 490,5 N = 0$$

$$F_{yA} = 4,9 N + 19,62 N + 490,5 N$$

$$F_{yA} = 515,02 N$$

$$+\curvearrowright \Sigma M_{xA'} = 0$$

$$M_{xA'} + (W_{pin} \times 0,02) + (W_{vacum} \times 0,04) + (W_{\frac{1}{4}kaca} \times 0,04) = 0$$

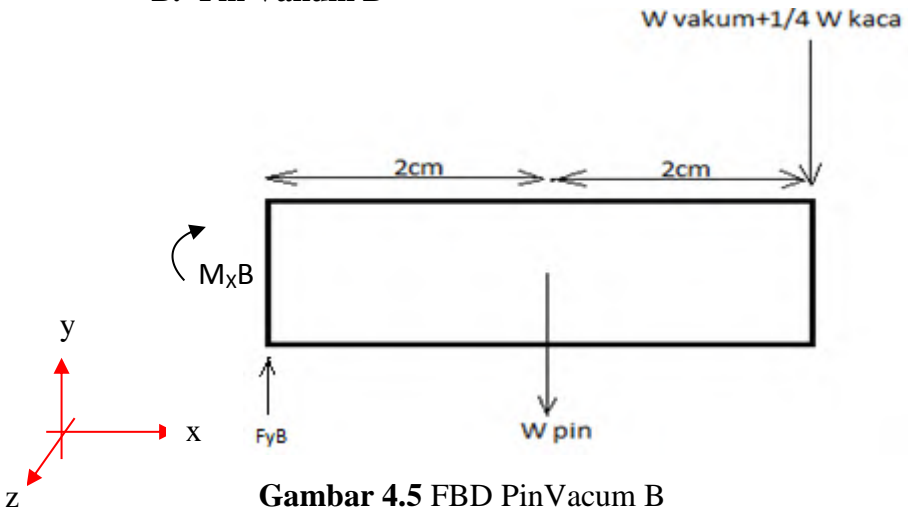
$$M_{xA'} + (4,9 N \times 0,02) + (19,62 N \times 0,04) + (490,5 N \times 0,04) = 0$$

$$M_{xA'} = 0,098 - 0,78 - 19,62$$

$$M_{xA'} = -20,302 Nm$$



## B. Pin Vakum B



**Gambar 4.5** FBD PinVacum B

$$+\uparrow \Sigma F_{yB} = 0$$

$$F_{yB} - W_{pin} - W_{vacum} - W_{\frac{1}{4}kaca} = 0$$

$$F_{yB} - 4,9 \text{ N} - 19,62 \text{ N} - 490,5 \text{ N} = 0$$

$$F_{yB} = 4,9 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 490,5 \text{ N}$$

$$F_{yB} = 515,02 \text{ N}$$



$$+\Sigma M_{xB'} = 0$$

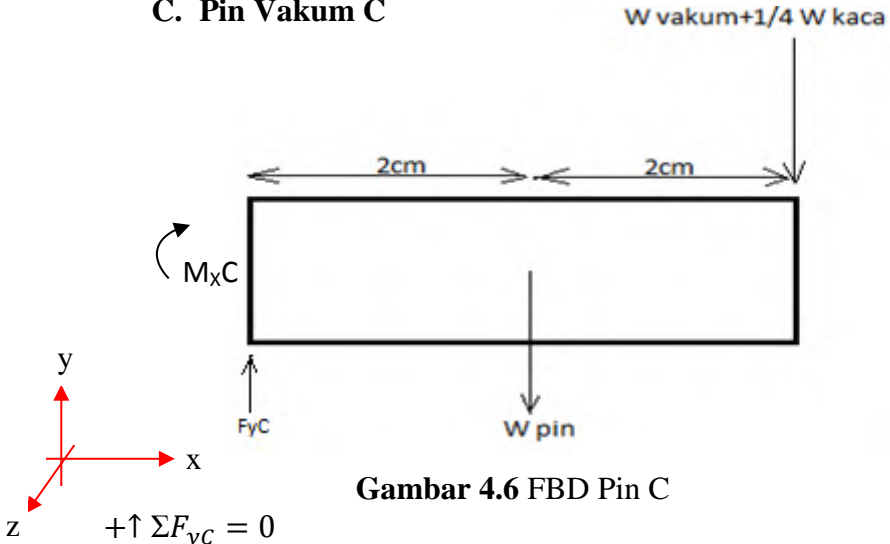
$$M_{xB'} + (W_{pin} \times 0,02) + (W_{vacum} \times 0,04) + (W_{\frac{1}{4}kaca} \times 0,04) = 0$$

$$M_{xB'} + (4,9 \text{ N} \times 0,02) + (19,62 \text{ N} \times 0,04) + (490,5 \text{ N} \times 0,04) = 0$$

$$M_{xB'} = 0,098 - 0,78 - 19,62$$

$$M_{xB'} = -20,302 \text{ Nm}$$

### C. Pin Vakum C



$$F_{yC} - W_{pin} - W_{vacum} - W_{\frac{1}{4}kaca} = 0$$

$$F_{yC} - 4,9 \text{ N} - 19,62 \text{ N} - 490,5 \text{ N} = 0$$

$$F_{yC} = 4,9 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 490,5 \text{ N}$$

$$F_{yC} = 515,02 \text{ N}$$



$$+\Sigma M_{xC'} = 0$$

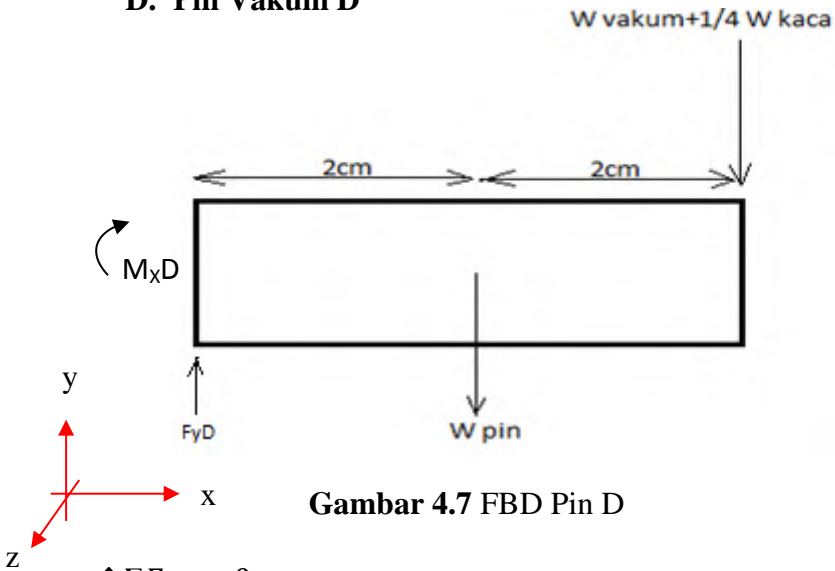
$$M_{xC'} + (W_{pin} \times 0,02) + (W_{vacum} \times 0,04) + (W_{\frac{1}{4}kaca} \times 0,04) = 0$$

$$M_{xC'} + (4,9 \text{ N} \times 0,02) + (19,62 \text{ N} \times 0,04) + (490,5 \text{ N} \times 0,04) = 0$$

$$M_{xC'} = 0,098 - 0,78 - 19,62$$

$$M_{xC'} = -20,302 \text{ Nm}$$

#### D. Pin Vakum D



**Gambar 4.7** FBD Pin D

$$+\uparrow \Sigma F_{yD} = 0$$

$$F_{yD} - W_{pin} - W_{vacum} - W_{\frac{1}{4}kaca} = 0$$

$$F_{yD} - 4,9 \text{ N} - 19,62 \text{ N} - 490,5 \text{ N} = 0$$

$$F_{yD} = 4,9 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 490,5 \text{ N}$$

$$F_{yD} = 515,02 \text{ N}$$



$$+\Sigma M_{xD'} = 0$$

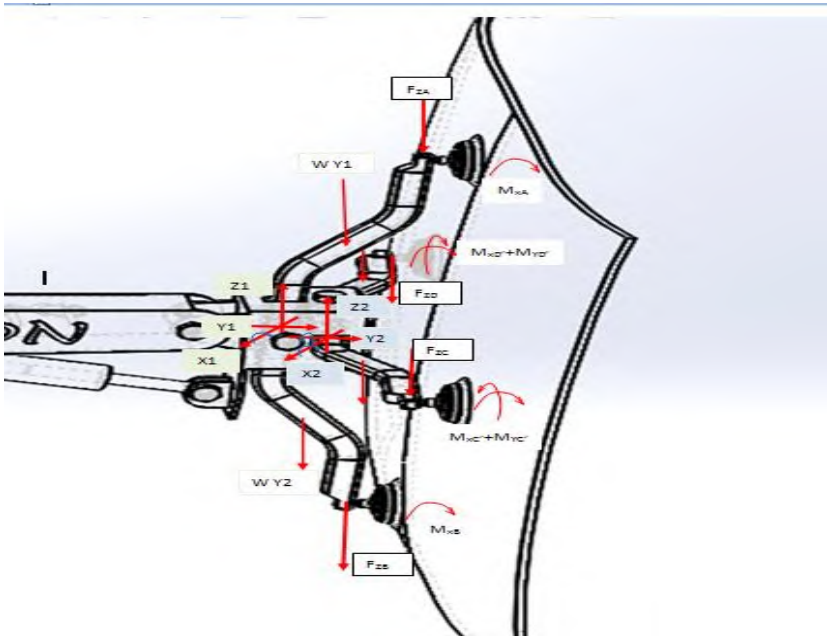
$$M_{xD'} + (W_{pin} \times 0,02) + (W_{vacum} \times 0,04) + (W_{\frac{1}{4}kaca} \times 0,04) = 0$$

$$M_{xD'} + \left( 4,9 \text{ N} \times 0,02 \right) + (19,62 \text{ N} \times 0,04) + (490,5 \text{ N} \times 0,04) = 0$$

$$M_{x_{D'}} = 0,098 - 0,78 - 19,62$$

$$M_{x_{D'}} = -20,302 Nm$$

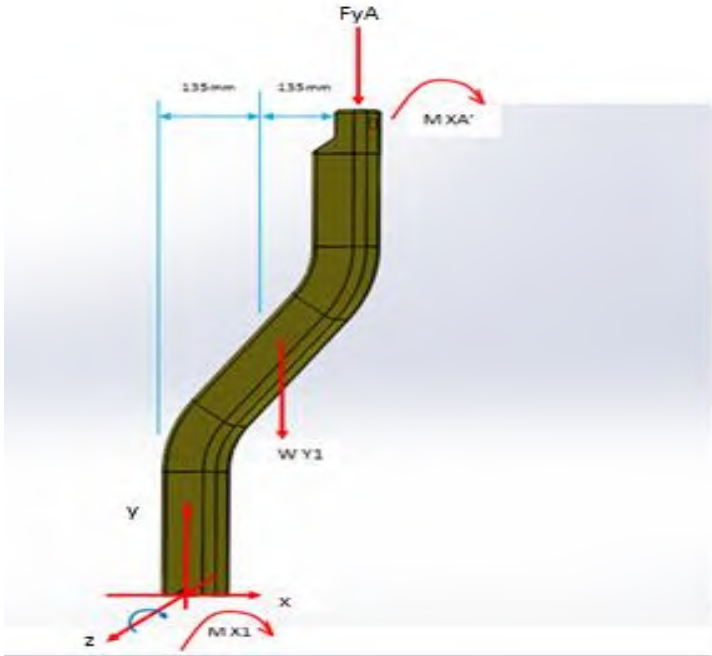
#### 4.1.2 Perhitungan Gaya Yoke



**Gambar 4.8** FBD Yoke 1 & 2 Posisi  $\theta = 90^\circ$

### 4.1.3 Perhitungan Momen Yoke Posisi 90° Terhadap Vertikal

#### A. Momen Yoke 1 Posisi Pin 90° Terhadap vertikal



**Gambar 4.9 FBD Momen Yoke 1  $\theta = 90^\circ$**

$$+\Sigma M_{X1} = 0$$

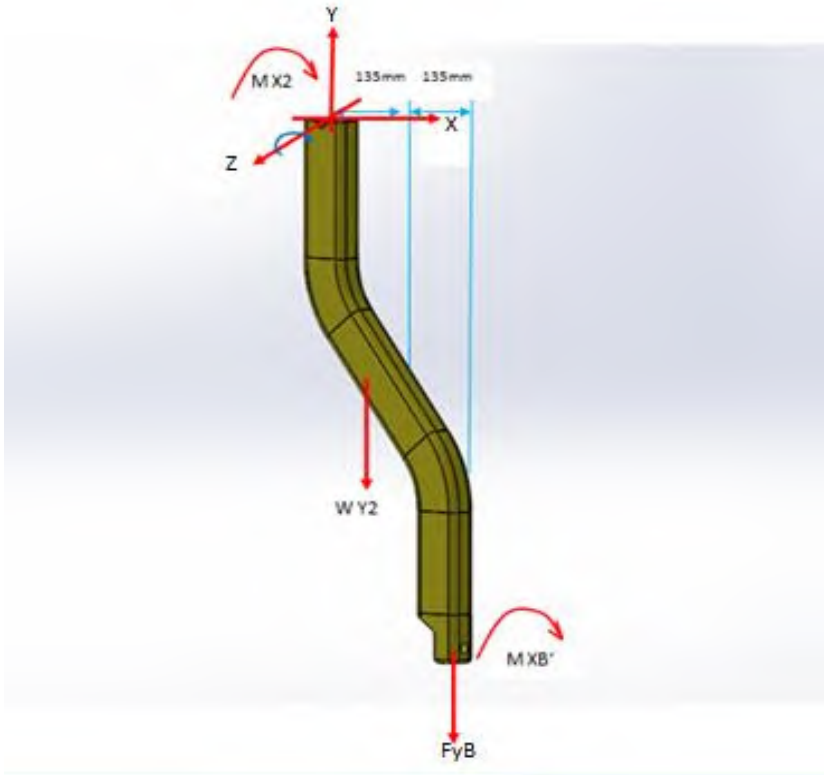
$$M_{X1} + F_{yA}(L) + W_{Y1}(L) - M_{XA'} = 0$$

$$M_{X1} = -515,02(0,27) - 49,05(0,135) + 20,302$$

$$M_{X1} = -139,05 - 6,62 + 20,302$$

$$M_{X1} = -125,368 \text{ Nm}$$

## B. Momen Yoke 2 Posisi Pin 90° Terhadap vertikal



**Gambar 4.10** FBD Momen Yoke 2  $\theta = 90^\circ$



$$+\Sigma M_{x2} = 0$$

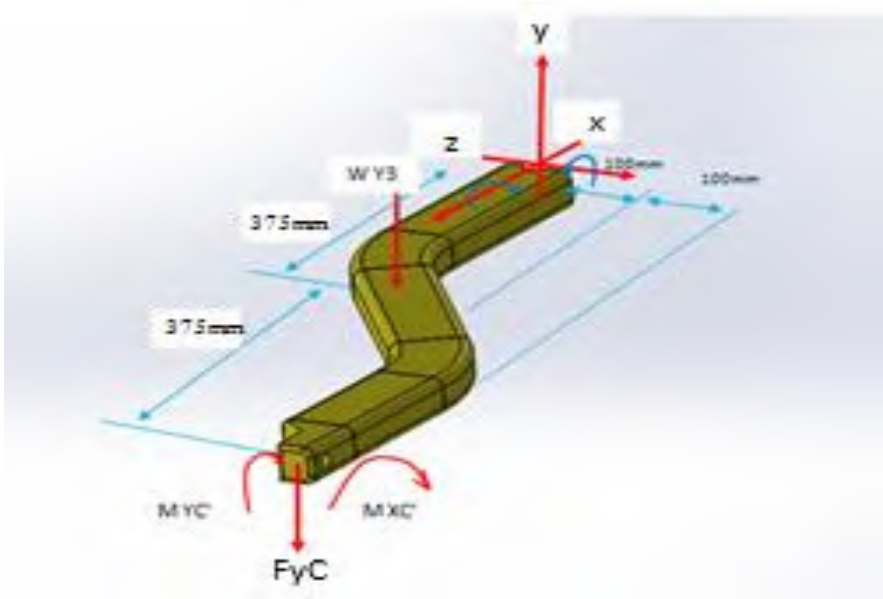
$$M_{x2} - F_{yB}(L) - W_{Y2}(L) - M_{xB'} = 0$$

$$M_{x2} = 515,02 (0,27) + 49,05(0,135) + 20,49$$

$$M_{x2} = 139,05 + 6,62 + 20,302$$

$$M_{x2} = 165,972 Nm$$

### C. Momen Yoke 3 Posisi Pin 90° Terhadap vertikal



**Gambar 4.11** FBD Momen Yoke 3  $\theta = 90^\circ$



$$+\Sigma M_{X3} = 0$$

$$M_{X3} - F_{yC}(L) - W_{Y3}(L) - M_{XC'} = 0$$

$$M_{X3} = 515,02(0,2) + 49,05(0,1) + 20,302$$

$$M_{X3} = 103 + 4,9 + 20,302$$

$$M_{X3} = 128,202 \text{ Nm}$$



$$+\Sigma M_{Z3} = 0$$

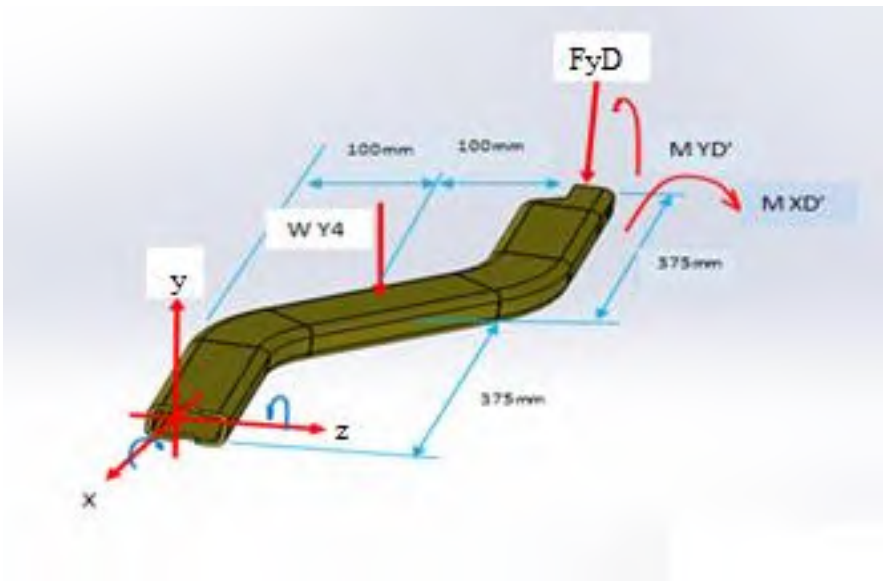
$$M_{Z3} - W_{Y3}(L) - F_{yC}(L) = 0$$

$$M_{Z3} = 49,05(0,375) + 515,02(2 \times 0,375)$$

$$M_{Z3} = 18,393 + 386,25$$

$$M_{Z3} = 404,658 \text{ Nm}$$

#### D. Momen Yoke 3 Posisi Pin 90° Terhadap vertikal



**Gambar 4.12** FBD Momen Yoke 4  $\theta = 90^\circ$

$$+\Sigma M_{X4} = 0$$

$$M_{X4} + F_{yD}(L) + W_{Y4}(L) - M_{XD'} = 0$$

$$M_{X4} = -515,02(0,2) - 49,05(0,1) + 20,49$$

$$M_{X4} = -103 - 4,9 + 20,302$$

$$M_{X4} = -87,598 Nm$$

$$+\Sigma M_{Z4} = 0$$

$$M_{Z4} - W_{Y4}(L) - F_{yD}(L) = 0$$

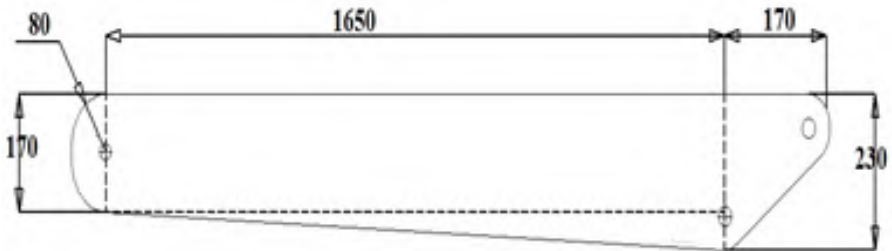
$$M_{Z4} = 49,05(0,375) + 515,02(2 \times 0,375)$$

$$M_{Z4} = 18,393 + 386,25$$

$$M_{Z4} = 404,658 Nm$$



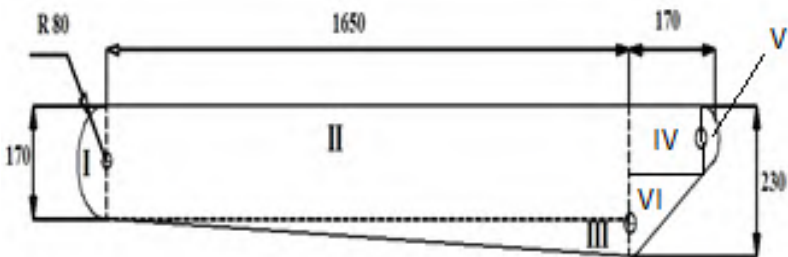
## 4.2 Menghitung titik berat pada arm 1



**Gambar 4.13** Dimensi Arm

Langkah pertama ketika ingin mengetahui titik berat suatu benda, kita harus mencari luasan bidang tersebut dan menentukan titik  $x_o$  dan  $y_o$ . Apabila dalam suatu bidang mempunyai bentuk yang rumit maka kita boleh membagi bidang tersebut menjadi beberapa bagian luasan untuk mempermudah dalam proses penghitungan luasan bidang tersebut.

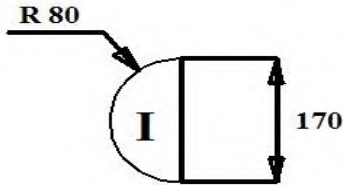
Karena pada arm 1 memiliki bentuk yang rumit maka untuk mempermudah menghitung titik berat pada arm 1 dibagi menjadi 4 bagian :



**Gambar 4.14** Potongan bagian Arm

Menentukan luasan masing masing potongan :

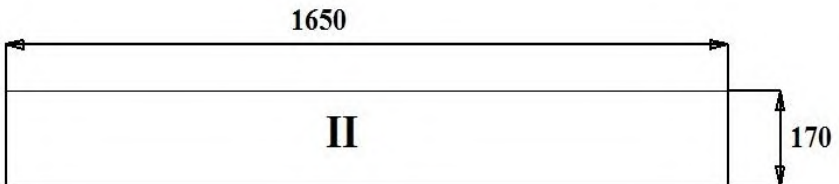
Luasan Bagian I



**Gambar 4.15** Luasan I

$$\begin{aligned}\text{Luas I} &= \frac{1}{2} \pi r^2 \\ &= \frac{1}{2} 3.14 0.08^2 \\ &= 0,0100 \text{ m}^2\end{aligned}$$

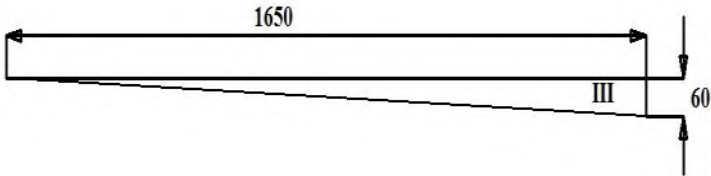
Luasan Bagian II



**Gambar 4.16** Luasan II

$$\begin{aligned}\text{Luas II} &= p \times l \\ &= 1,650 \text{ m} \times 0.17 \text{ m} \\ &= 0,2805 \text{ m}^2\end{aligned}$$

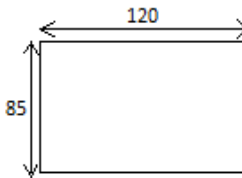
Luasan bagian III



**Gambar 4.17** Luasan III

$$\begin{aligned}\text{Luas III} &= \frac{1}{2} \times a \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 0.06 \text{ m} \times 1,650 \text{ m} \\ &= 0,0495 \text{ m}^2\end{aligned}$$

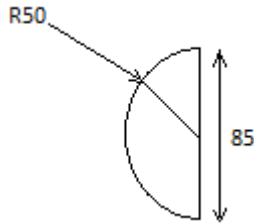
Luasan Bagian IV



**Gambar 4.18** Luasan IV

$$\begin{aligned}\text{Luas IV} &= p \times l \\ &= 0,085 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} \\ &= 0,0102 \text{ m}^2\end{aligned}$$

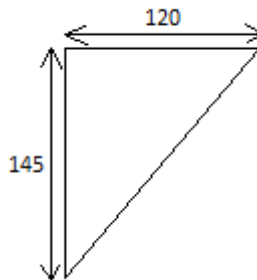
Luasan Bagian V



**Gambar 4.19** Luasan V

$$\begin{aligned}\text{Luas V} &= \frac{1}{2} \pi r^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3.14 \cdot 0.05^2 \\ &= 0,003925 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luasan bagian VI



**Gambar 4.20** Luasan VI

$$\begin{aligned}\text{Luas VI} &= \frac{1}{2} \times a \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 0,145 \text{ m} \times 0,120 \text{ m} \\ &= 0,0087 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Untuk menentukan titik berat suatu benda menggunakan rumus sebagai berikut:

Untuk sumbu X

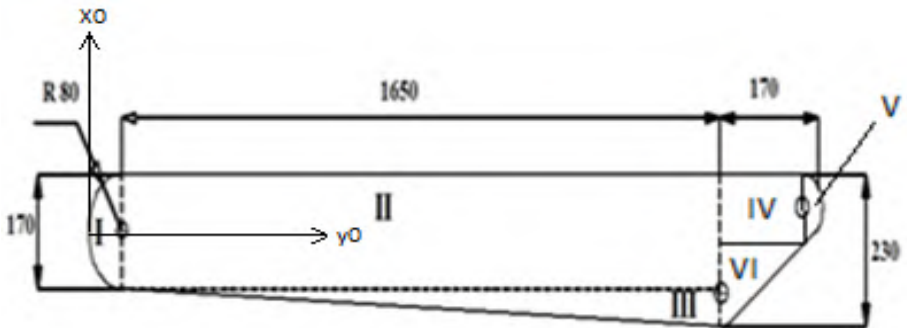
$$x_0 = \frac{x_1 \cdot A_1 + x_2 \cdot A_2 + x_3 \cdot A_3 + x_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + A_n}$$

Untuk sumbu Y

$$y_0 = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3 + y_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + A_n}$$

Setelah diketahui luasan dari arm 1 kemudian mencari titik  $x_0$  dan  $y_0$  untuk mengetahui letak titik berat pada arm 1.

Titik  $x_0$  :



**Gambar 4.19** Arm 1 untuk mengetahui  $x_0$

Menentukan titik berat luasan  $\frac{1}{2}$  lingkaran (i) yaitu  $\frac{2R}{\pi}$  sehingga:

$$\begin{aligned} x_1 &= R - \frac{4R}{3\pi} \\ &= 0,08 \text{ m} - \frac{4 \cdot 0,08 \text{ m}}{3 \cdot 3,14} \\ &= 0,08 \text{ m} - \frac{0,32 \text{ m}}{9,42} \\ &= 0,08 \text{ m} - 0,03 \text{ m} \\ &= 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

$$y_1 = 0$$

Menentukan titik berat luasan persegi panjang (ii) yaitu  $\frac{p}{2}$  sehingga :

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{p}{2} + R \\ &= \frac{1,650 \text{ m}}{2} + 0,08 \text{ m} \\ &= 0,825 \text{ m} + 0,08 \text{ m} \\ &= 0,905 \text{ m} \end{aligned}$$

$$y_2 = 0$$

Menentukan titik berat luasan segitiga (iii) yaitu  $\frac{2}{3} \times t$  sehingga :

$$\begin{aligned} x_3 &= R + \frac{2}{3} \times p \\ &= 0,08 \text{ m} + \frac{2}{3} \times 1,650 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,08 \text{ m} + 1,1 \text{ m} \\
 &= 1,18 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_3 &= - (0,085 + \frac{1}{3} t) \\
 &= - (0,085 + \frac{1}{3} 0,06) \\
 &= - (0,085 + 0,02) \\
 &= - 0,105 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menentukan titik berat luasan (iv) yaitu :

$$\begin{aligned}
 x_4 &= R + 1,650 - \frac{P}{2} \\
 &= 0,08 \text{ m} + 1,650 \text{ m} + \frac{0,120}{2} \text{ m} \\
 &= 1,79 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_4 &= \frac{L}{2} \\
 &= \frac{0,085}{2} \\
 &= 0,0425 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menentukan titik berat luasan (v) yaitu :

$$\begin{aligned}
 X_5 &= R + 1,650 + 1,79 + \frac{4R}{3\pi} \\
 &= 0,08 \text{ m} + 1,650 \text{ m} + 0,06 \text{ m} + \frac{4 \cdot 0,05}{3 \cdot 3,14} \text{ m} \\
 &= 1,811 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_5 &= \frac{D}{2} \\
 &= \frac{0,1}{2} \\
 &= 0,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menentukan titik berat luasan (vi) yaitu :

$$\begin{aligned} X_6 &= R + 1,650 + \frac{1}{3} P \\ &= 0,08 \text{ m} + 1,650 + \frac{1}{3} 0,120 \\ &= 0,08 \text{ m} + 1,650 \text{ m} + 0,04 \text{ m} \\ &= 1,77 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Y_6 = -\left(\frac{1}{3} x t\right)$$

$$\begin{aligned} &= -\left(\frac{1}{3} x 0,145\right) \\ &= -0,0485 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan titik berat yo pada luasan seluruh bidang :

$$\begin{aligned} y_o &= \frac{y_i \cdot A_i + y_{ii} \cdot A_{ii} + y_{iii} \cdot A_{iii} + y_{iv} \cdot A_{iv} + y_v \cdot A_v + y_{vi} \cdot A_{vi}}{A_i + A_{ii} + A_{iii} + A_{iv} + A_v + A_{vi}} \\ &= \frac{(0,01 + 0,2805 - 0,105 \cdot 0,0495 + 0,0425 \cdot 0,0102 + 0,05 \cdot 0,003925 - 0,0485 \cdot 0,0087) m^3}{(0,01 + 0,2805 + 0,0495 + 0,0102 + 0,003925 + 0,0087) m^2} \\ &= \frac{(0 + 0 - 0,0051975 + 0,0004335 + 0,00019625 - 0,00042195) m^3}{0,3628 m^2} \\ &= -0,004989 \text{ m} \end{aligned}$$

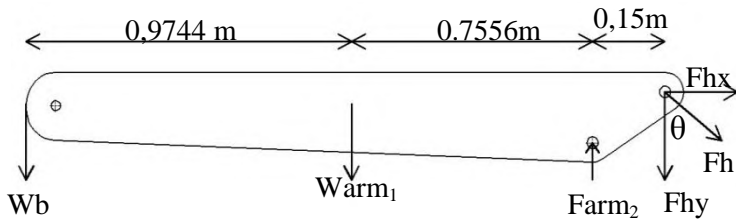
Menentukan titik berat xo pada luasan seluruh bidang :

$$\begin{aligned} x_o &= \frac{x_i \cdot A_i + x_{ii} \cdot A_{ii} + x_{iii} \cdot A_{iii} + x_{iv} \cdot A_{iv} + x_v \cdot A_v + x_{vi} \cdot A_{vi}}{A_i + A_{ii} + A_{iii} + A_{iv} + A_v + A_{vi}} \\ &= \frac{(0,0461 \text{ m} \cdot 0,001 + 0,905 \text{ m} \cdot 0,2805 + 1,18 \cdot 0,0495 + 1,786 \cdot 0,0195) m^2}{(0,01 + 0,02805 + 0,0495 + 0,0195) m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{(0,0000461 + 0,2538 + 0,0584 + 0,0348) m^2}{0,3595 m} \\
&= \frac{0,3470 m^2}{0,3595 m} \\
&= 0,9744 m
\end{aligned}$$

### 4.3 Gaya – Gaya Yang Terjadi Pada Arm 1



**Gambar 4.21** Free body diagram arm 1

Diketahui :

m kaca = 200 kg

m vakum = 30 kg

massa jenis alloy steel  $\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$

$$\begin{aligned}
m \text{ arm}_1 &= \rho \cdot v \\
&= 7850 \text{ kg/m}^3 \\
&= 109,92355 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$g = 9,80665 \cdot \frac{m}{s^2}$$

$$\begin{aligned} W_b &= (m_{\text{kaca}} + m_{\text{vakum}}) \cdot g \\ &= 230 \text{ kg} \times 9,80665 \frac{m}{s^2} \\ &= 2255,5295 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{arm_1} &= m_{arm_1} \times g \\ &= 109,92355 \text{ kg} \times 9,80665 \frac{m}{s^2} \\ &= 1077,9817 \text{ N} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui berat beban dan berat  $arm_1$ , kemudian dilanjutkan mencari dan menguraikan gaya – gaya yang terjadi pada sumbu x dan y.

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ F_{hx} - F_{arm_2x} &= 0 \\ F_h \sin 35^\circ &= F_{arm_2x} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ F_{arm_2y} - F_{hy} - W_{arm_1} - W_b &= 0 \\ F_{arm_2y} &= F_{hy} + W_{arm_1} + W_b \\ &= F_{hy} + 1077,9817 \text{ N} + 2255,5295 \text{ N} \\ &= F_{hy} + 3333,5112 \text{ N} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui gaya yang terjadi di sumbu x dan sumbu y kemudian menghitung  $F_{hy}$  melalui:

$$\sum M_o = 0$$

$$\begin{aligned} F_{hy} \cdot L_{hy} - W_{arm_1} \cdot L_{arm_1} - W_{kaca} \cdot L_b &= 0 \\ F_{hy} \cdot L_{hy} &= W_{arm_1} \cdot L_{arm_1} + W_{kaca} \cdot L_b \\ F_{hy} \cdot 0,15 \text{ m} &= (1077,9817 \text{ N} \times 0,7556 \text{ m}) + (2255,5295 \text{ N} \times 1,650 \text{ m}) \end{aligned}$$

$$0,15m. F_{hy} = 814,5229 \text{ Nm} + 3721,5236 \text{ Nm}$$

$$0,15m. F_{hy} = 4536,1465 \text{ Nm}$$

$$F_{hy} = \frac{4536,1465}{0,15} \text{ N}$$

$$= 30240,9766 \text{ N}$$

Setelah  $F_{hy}$  diketahui maka  $F_{arm2y}$  akan bisa diketahui dari persamaan sebelumnya :

$$F_{arm2y} = F_{hy} + 3333,5112 \text{ N}$$

$$= 30240,9766 \text{ N} + 3333,5112 \text{ N}$$

$$= 33574.4878 \text{ N}$$

Besarnya gaya yang dibutuhkan hidrolik untuk mengangkat beban dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{hy} = F_h \cos \theta \quad \text{dimana} \quad \theta = 45^\circ$$

$$F_h = \frac{F_{hy}}{\cos \theta}$$

$$F_h = \frac{30240,9766 \text{ N}}{\cos 45}$$

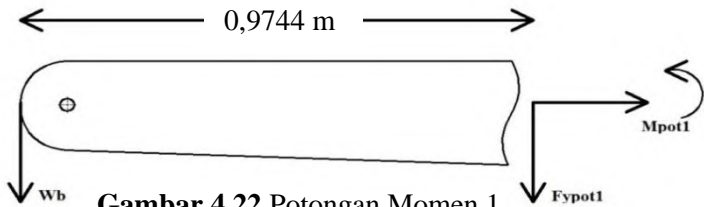
$$F_h = 42767,199 \text{ N}$$

Jadi untuk mengangkat beban pada arm 1 dibutuhkan hidrolik dengan kemampuan angkat 42767,199 N

#### 4.4 Momen Bending

Untuk mengetahui tegangan bending terbesar maka kita bisa membagi arm 1 menjadi beberapa potongan berdasarkan potongan gaya yang bekerja pada arm tersebut. Pada arm 1 dibagi menjadi 3 potongan.

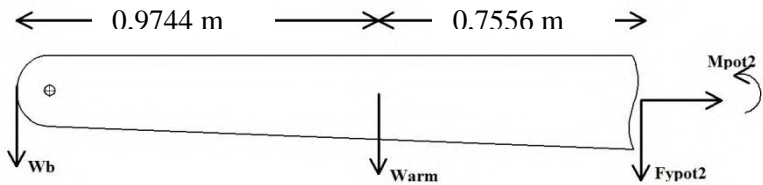
#### 4.4.1 Momen di Potongan 1



**Gambar 4.22** Potongan Momen 1

$$\begin{aligned}
 M_{pot1} &= 0 \\
 - W_b \cdot x - M_{pot1} &= 0 \\
 M_{pot1} &= W_b \cdot x \\
 &= 2255,5295 \text{ N} \cdot 0,9744 \text{ m} \\
 &= -2197,7879 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

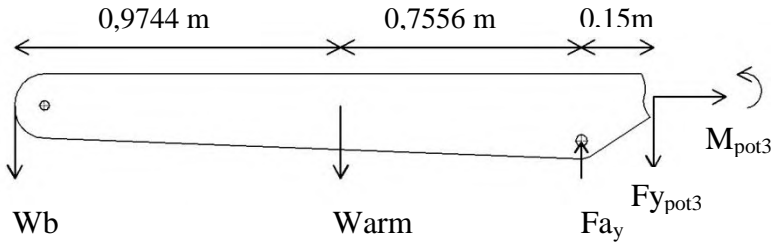
#### 4.4.2 Momen di Potongan 2



**Gambar 4.23** Potongan momen 2

$$\begin{aligned}
 +\Sigma M_{pot2} &= 0 \\
 - W_b \cdot x - W_{arm1} \cdot x + M_{pot2} &= 0 \\
 - 2255,5295 \text{ N} \cdot 1,650 \text{ m} - 1077,9817 \cdot 0,7556 \text{ m} + & \\
 M_{pot2} &= 0 \\
 - 3721,5295 \text{ Nm} - 814,5229 \text{ Nm} + M_{pot2} &= \\
 4536,1465 \text{ N} &
 \end{aligned}$$

#### 4.4.3 Momen di Potongan 3



**Gambar 4.24** Potongan momen 3

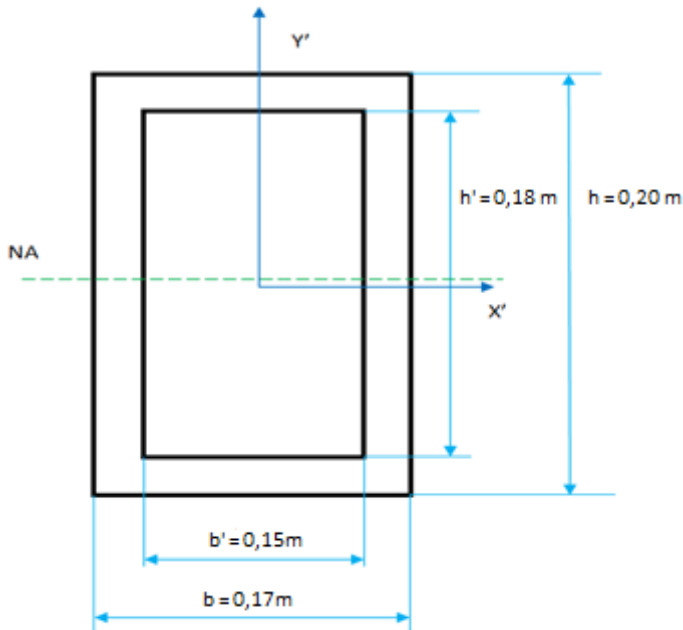
$$\begin{aligned}
 & +\Sigma M_{Pot3} = 0 \\
 & - W_b \cdot x - W_{arm1} \cdot x + F_{a_y} \cdot x - M_{pot3} = 0 \\
 & - 2255,5295 \text{ N} \cdot 1,8 \text{ m} - 1077,9817 \text{ N} \cdot 1,0444 \text{ m} + \\
 & 33574,4878 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m} - M_{pot3} = 0 \\
 & - 4059,9531 \text{ Nm} - 1125,8440 \text{ Nm} + 5036,1731 \text{ Nm} \\
 & + M_{pot3} = 0 \\
 & M_{pot3} = 4059,9531 \text{ Nm} + 1125,8440 \text{ Nm} - \\
 & 5036,1731 \text{ Nm} \\
 & M_{pot3} = -149,624 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

#### 4.5 Syarat aman

Setelah mengetahui letak momen bending terbesar yaitu terletak pada potongan 2, kemudian membandingkan kekuatan material terhadap tegangan ijin yang diperbolehkan. Langkah pertama yaitu menghitung momen inersia pada arm.

Dari data hasil rekap perhitungan pada arm di peroleh gaya terbesar yaitu  $F_h = 42767,199 \text{ N}$ . Dan diperoleh data momen Total terbesar pada pin vakum D dengan momen sebesar  $4536,1465 \text{ Nm}$ . Dimensi arm yang di rencanakan adalah  $0,20 \times 0,17 \times 0,01 \text{ m}$

Mencari momen inesia pada baja holow 0,20 x 0,17 x 0,01m



**Gambar 4.25** Penampang besi holo arm

Dengan adanya dimensi dari bahan arm maka dapat dicari momen inersia luas penampang arm, untuk luas penampang persegi panjang rumus inersia luas penampangnya adalah :

$$I_{x'} = \frac{1}{12} b h^3$$

Maka dari rumus di atas dapat di turunkan rumus untuk penampang baja hollow :

$$I = I_{x'} = \frac{1}{12} b h^3 - \frac{1}{12} b' h'^3$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 - I_{x'} \frac{1}{12} b' h'^3$$

$$I = \frac{1}{12} 0,17 \cdot 0,20^3 - \frac{1}{12} 0,15 \cdot 0,18^3$$

$$I = 113,33 \times 10^{-6} \text{ m}^4 - 72,9 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I = 40,43 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{M_b \cdot c}{I} \\ &= \frac{4536,1465 \text{ Nm} \cdot 8,5 \times 10^{-2} \text{ m}}{40,43 \times 10^{-6} \text{ m}^4} \\ &= 953,6790 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Mencari syarat aman pada arm alat pengangkat kaca

$$\begin{aligned} \tau_b &\leq \frac{k_b \cdot \tau_{yp}}{sf} \\ 953,6790 \times 10^4 \text{ N/m}^2 &\leq \frac{1 \cdot \tau_{yp}}{2,5} \\ \tau_{yp} &\geq 953,6790 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \cdot 2,5 \\ \tau_{yp} &\geq 2384,1975 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

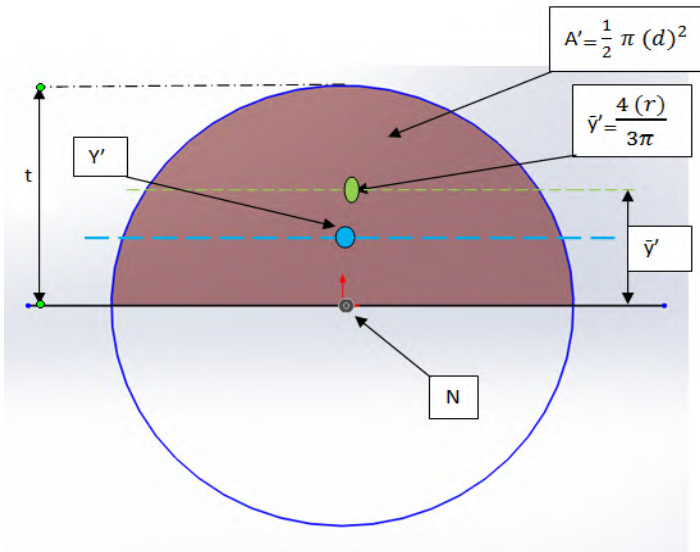
#### 4.6 Perhitungan Pen

Untuk mengetahui bahan material pen yang digunakan aman atau tidak maka dibutuhkan perhitungan pada komponen sehingga dapat diketahui yield point minimum pada komponen yang bekerja sesuai dengan dimensi yang telah dirancang.

##### 4.6.1 Pen antara pengangkat beban dan arm 1

Bahan pen telah direncanakan menggunakan AISI 1020 yang mempunyai tegangan yield  $\sigma_y = 351,57 \text{ N/mm}^2$ . Maka tegangan ijin bahan yaitu :

$$\begin{aligned} |\tau| &= 0,5 \cdot \sigma_y \\ &= 0,5 \cdot 351,57 \text{ N/mm}^2 \\ &= 157,755 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



**Gambar 4.26** Titik Berat Pin beban dan arm 1

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

$$Q = y' \cdot A'$$

$$y' = \frac{4R}{3\pi}$$

$$= \frac{4 \cdot 0,0125}{3 \cdot 3,14}$$



$$= 0,00530$$

$$A' = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,0125^2$$

$$= 0,000245 \text{ m}^2$$

$$Q = y' \cdot A'$$

$$= 0,00530 \cdot 0,000245$$

$$= 129,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$I = \frac{\pi \cdot r^4}{2}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,0125^4}{2}$$

$$= 3,83 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

$$= \frac{225,5295 \cdot 129,8 \times 10^{-6}}{3,83 \times 10^{-8} \cdot 0,025}$$

$$= 30573085,22 \text{ N/m}^2$$

$$= 30,57308 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau \leq \frac{\tau_{yp}}{sf}$$

$$30,57308 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{175,755 \text{ N/mm}^2}{2}$$

$$30,57308 \text{ N/mm}^2 \leq 87,8775 \text{ N/mm}^2$$

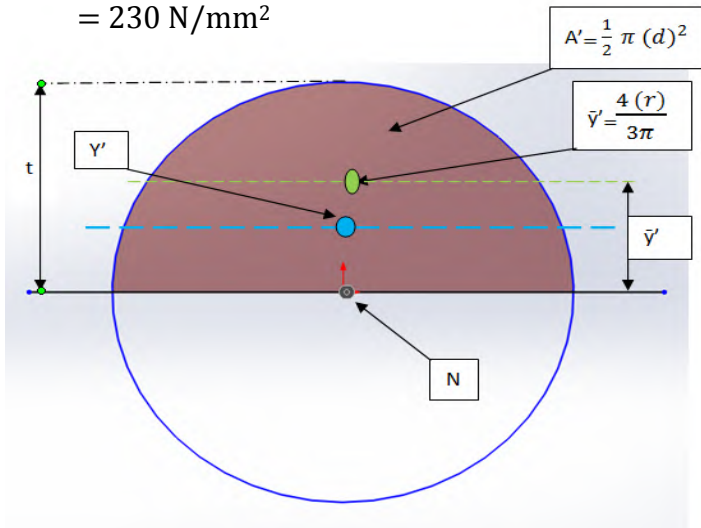
Karena tegangan maksimum geser yang terjadi kurang dari tegangan ijin bahan maka bahan dinyatakan aman.

#### 4.6.2 Pen pada Arm 1 dan 2

Bahan pen telah direncanakan menggunakan AISI 4130 Steel, normalized at 870 C yang mempunyai

tegangan yield  $\sigma_y = 460 \text{ N/mm}^2$ . Maka tegangan ijin bahan yaitu :

$$\begin{aligned} |\tau| &= 0,5 \cdot \sigma_y \\ &= 0,5 \cdot 460 \text{ N/mm}^2 \\ &= 230 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



**Gambar 4.27** Titik Berat Pin arm 1 dan arm 2

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

$$Q = y' \cdot A'$$

$$y' = \frac{4R}{3\pi}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{4 \cdot 0,015}{3 \cdot 3,14} \\ &= 0,0063 \end{aligned}$$

$$A' = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,015^2$$

$$= 0,00035325 \text{ m}^2$$

$$Q = y' \cdot A'$$

$$= 0,0063 \cdot 0,00035325$$

$$= 2,22 \times 10^{-6}$$

$$I = \frac{\pi \cdot r^4}{2}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,015^4}{2}$$

$$= 7,948 \times 10^{-8}$$

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

$$= \frac{33574,4878 \cdot 2,2 \times 10^{-6}}{37,948 \times 10^{-8} \cdot 0,030}$$

$$= 65412491,34 \text{ N/m}^2$$

$$= 65,426 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau \leq \frac{\tau_{yp}}{sf}$$

$$65,426 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{230 \text{ N/mm}^2}{2}$$

$$65,426 \text{ N/mm}^2 \leq 115 \text{ N/mm}^2$$

Karena tegangan maksimum geser yang terjadi kurang dari tegangan ijin bahan maka material dinyatakan aman.

### 4.6.3 Hasil Perencanaan

**Tabel 4.1** Hasil Perencanaan

No	Nama Komponen	Dimensi	Bahan	Keterangan
1	Pin Pada Pengangkat Beban & Arm 1	Ø 25mm	AISI 1020	Aman
2	Pin Pada Arm 1 & 2	Ø 30mm	AISI 4130	Aman

**Tabel 4.2** Material Properties AISI 1020

Property	Value	Units
Elastic modulus	200000	Nm/mm <sup>2</sup>
Shear modulus	77000	Nm/mm <sup>2</sup>
Mass density	7900	Kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strenght	420,51	Nm/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	351,57	Nm/mm <sup>2</sup>

**Tabel 4.3** Material Properties AISI 4130

Property	Value	Units
Elastic modulus	205000	Nm/mm <sup>2</sup>
Shear modulus	80000	Nm/mm <sup>2</sup>
Mass density	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strenght	731	Nm/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	260	Nm/mm <sup>2</sup>

# LAMPIRAN 1. (Tabel Konversi Satuan .a)

TABLE. 1 Conversion Factors	
<b>Area</b>	
1 mm <sup>2</sup> = 1.0 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup>	1 ft <sup>2</sup> = 144 in. <sup>2</sup>
1 cm <sup>2</sup> = 1.0 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> = 0.1550 in. <sup>2</sup>	1 in. <sup>2</sup> = 6.4516 cm <sup>2</sup> = 6.4516 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>
1 m <sup>2</sup> = 10.7639 ft <sup>2</sup>	1 ft <sup>2</sup> = 0.092 903 m <sup>2</sup>
<b>Conductivity</b>	
1 W/m-K = 1 J/s-m-K	
= 0.577 789 Btu/h-ft-R	1 Btu/h-ft-R = 1.730 735 W/m-K
<b>Density</b>	
1 kg/m <sup>3</sup> = 0.06242797 lbm/ft <sup>3</sup>	1 lbm/ft <sup>3</sup> = 16.018 46 kg/m <sup>3</sup>
1 g/cm <sup>3</sup> = 1000 kg/m <sup>3</sup>	
1 g/cm <sup>3</sup> = 1 kg/L	
<b>Energy</b>	
1 J = 1 N-m = 1 kg-m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	
1 J = 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft = 1.355 818 J
1 cal (Int.) = 4.1868 J	= 1.28507 × 10 <sup>-3</sup> Btu
	1 Btu (Int.) = 1.055 056 kJ
	= 778.1693 lbf-ft
1 erg = 1.0 × 10 <sup>-7</sup> J	
1 eV = 1.602 177 33 × 10 <sup>-19</sup> J	
<b>Force</b>	
1 N = 0.224809 lbf	1 lbf = 4.448 222 N
1 kp = 9.80665 N (1 kgf)	
<b>Gravitation</b>	
g = 9.80665 m/s <sup>2</sup>	g = 32.17405 ft/s <sup>2</sup>
<b>Heat capacity, specific entropy</b>	
1 kJ/kg-K = 0.238 846 Btu/lbm-R	1 Btu/lbm-R = 4.1868 kJ/kg-K
<b>Heat flux (per unit area)</b>	
1 W/m <sup>2</sup> = 0.316 998 Btu/h-ft <sup>2</sup>	1 Btu/h-ft <sup>2</sup> = 3.15459 W/m <sup>2</sup>
<b>Heat transfer coefficient</b>	
1 W/m <sup>2</sup> -K = 0.176 11 Btu/h-ft <sup>2</sup> -R	1 Btu/h-ft <sup>2</sup> -R = 5.67826 W/m <sup>2</sup> -K
<b>Length</b>	
1 mm = 0.001 m = 0.1 cm	1 ft = 12 in.
1 cm = 0.01 m = 10 mm = 0.3970 in.	1 in. = 2.54 cm = 0.0254 m
1 m = 3.28084 ft = 39.370 in.	1 ft = 0.3048 m
1 km = 0.621 371 mi	1 mi = 1.609344 km
1 mi = 1609.3 m (US statute)	1 yd = 0.9144 m

(Tabel Konversi Satuan .b)

TABLE (Continued) <i>Conversion Factors</i>		
<b>Specific kinetic energy (<math>V^2</math>)</b>		
$1 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0.001 \text{ kJ/kg}$		$1 \text{ ft}^2/\text{s}^2 = 3.9941 \times 10^{-5} \text{ Btu/lbm}$
$1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$		$1 \text{ Btu/lbm} = 25037 \text{ ft}^2/\text{s}^2$
<b>Specific potential energy (<math>Zg</math>)</b>		
$1 \text{ m} \cdot g_{\text{std}} = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ kJ/kg}$		$1 \text{ ft} \cdot g_{\text{std}} = 1.0 \text{ lbf} \cdot \text{ft}/\text{lbm}$
$= 4.21607 \times 10^{-3} \text{ Btu/lbm}$		$= 0.001285 \text{ Btu/lbm}$
		$= 0.002989 \text{ kJ/kg}$
<b>Specific volume</b>		
$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$		
$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 1 \text{ L/kg}$		
$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.01846 \text{ ft}^3/\text{lbm}$		$1 \text{ ft}^3/\text{lbm} = 0.062428 \text{ m}^3/\text{kg}$
<b>Temperature</b>		
$1 \text{ K} = 1^\circ\text{C} = 1.8 \text{ R} = 1.8 \text{ F}$		$1 \text{ R} = (5/9) \text{ K}$
$\text{TC} = \text{TK} - 273.15$		$\text{TF} = \text{TR} - 459.67$
$= (\text{TF} - 32)/1.8$		$= 1.8 \text{ TC} + 32$
$\text{TK} = \text{TR}/1.8$		$\text{TR} = 1.8 \text{ TK}$
<b>Universal Gas Constant</b>		
$R = N_A k = 8.31451 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$		$R = 1.98589 \text{ Btu/lbmol} \cdot \text{R}$
$= 1.98589 \text{ kcal/kmol} \cdot \text{K}$		$= 1545.36 \text{ lbf} \cdot \text{ft}/\text{lbmol} \cdot \text{R}$
$= 82.0578 \text{ atm} \cdot \text{L}/\text{kmol} \cdot \text{K}$		$= 0.73024 \text{ atm} \cdot \text{ft}^3/\text{lbmol} \cdot \text{R}$
		$= 10.7317 (\text{lbf}/\text{in}^2) \cdot \text{ft}^3/\text{lbmol} \cdot \text{R}$
<b>Velocity</b>		
$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$		$1 \text{ ft/s} = 0.681818 \text{ mi/h}$
$= 3.28084 \text{ ft/s}$		$= 0.3048 \text{ m/s}$
$= 2.23694 \text{ mi/h}$		$= 1.09728 \text{ km/h}$
$1 \text{ km/h} = 0.27778 \text{ m/s}$		$1 \text{ mi/h} = 1.46667 \text{ ft/s}$
$= 0.91134 \text{ ft/s}$		$= 0.44704 \text{ m/s}$
$= 0.62137 \text{ mi/h}$		$= 1.609344 \text{ km/h}$
<b>Volume</b>		
$1 \text{ m}^3 = 35.3147 \text{ ft}^3$		$1 \text{ ft}^3 = 2.831685 \times 10^{-2} \text{ m}^3$
$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 0.001 \text{ m}^3$		$1 \text{ in}^3 = 1.6387 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
$1 \text{ Gal (US)} = 3.785412 \text{ L}$		$1 \text{ Gal (UK)} = 4.546090 \text{ L}$
$= 3.785412 \times 10^{-3} \text{ m}^3$		$1 \text{ Gal (US)} = 231.00 \text{ in}^3$

(Tabel Konversi Satuan .c)

TABLE (Continued) Conversion Factors			
<b>Mass</b>			
1 kg	= 2.204 623 lbm	1 lbm	= 0.453 592 kg
1 tonne	= 1000 kg	1 slug	= 14.5939 kg
1 grain	= $6.47989 \times 10^{-5}$ kg	1 ton	= 2000 lbm
<b>Moment (torque)</b>			
1 N-m	= 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft	= 1.355 818 N-m
<b>Momentum (mV)</b>			
1 kg-m/s	= 7.232 94 lbm-ft/s	1 lbm-ft/s	= 0.138 256 kg-m/s
	= 0.224 809 lbf-s		
<b>Power</b>			
1 W	= 1 J/s = 1 N-m/s	1 lbf-ft/s	= 1.355 818 W
	= 0.737 562 lbf-ft/s		= 4.626 24 Btu/h
1 kW	= 3412.14 Btu/h	1 Btu/s	= 1.055 056 kW
1 hp (metric)	= 0.735 499 kW	1 hp (UK)	= 0.7457 kW
			= 550 lbf-ft/s
			= 2544.43 Btu/h
1 ton of refrigeration	= 3.516 85 kW	1 ton of refrigeration	= 12 000 Btu/h
<b>Pressure</b>			
1 Pa	= 1 N/m <sup>2</sup> = 1 kg/m-s <sup>2</sup>	1 lbf/in. <sup>2</sup>	= 6.894 757 kPa
1 bar	= $1.0 \times 10^5$ Pa = 100 kPa		
1 atm	= 101.325 kPa	1 atm	= 14.695 94 lbf/in. <sup>2</sup>
	= 1.01325 bar		= 29.921 in. Hg [32 F]
	= 760 mm Hg [0°C]		= 33.899 5 ft H <sub>2</sub> O [4°C]
	= 10.332 56 m H <sub>2</sub> O [4°C]		
1 torr	= 1 mm Hg [0°C]	1 bar	= 0.986 96 bar
1 mm Hg [0°C]	= 0.133 322 kPa	1 in. Hg [0°C]	= 0.49115 lbf/in. <sup>2</sup>
1 m H <sub>2</sub> O [4°C]	= 9.806 38 kPa	1 in. H <sub>2</sub> O [4°C]	= 0.036126 lbf/in. <sup>2</sup>
<b>Specific energy</b>			
1 kJ/kg	= 0.42992 Btu/lbm	1 Btu/lbm	= 2.326 kJ/kg
	= 334.55 lbf-ft/lbm	1 lbf-ft/lbm	= $2.98907 \times 10^{-3}$ kJ/kg
			= $1.28507 \times 10^{-3}$ Btu/lbm

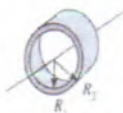
## Lampiran 2. (Momen Inersia)

$$I = \frac{1}{12} ML^2$$



(a) Batang silinder poros melalui pusat.

$$I = \frac{1}{2} MR_1^2 + R_2^2$$



(e) Silinder berongga.

$$I = \frac{1}{3} ML^2$$



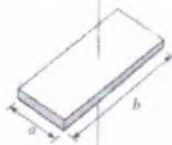
(b) Batang silinder poros melalui ujung.

$$I = \frac{1}{2} MR^2$$



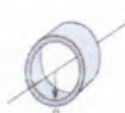
(f) Silinder pejal.

$$I = \frac{1}{2} M(a^2 + b^2)$$



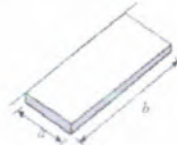
(c) Pelat segi empat poros melalui pusat.

$$I = MR^2$$



(g) Silinder tipis berongga.

$$I = \frac{1}{3} Ma$$



(d) Pelat segi empat tipis poros sepanjang tepi.

$$I = \frac{1}{2} MR^2 \quad I = \frac{2}{5} MR^2$$



(h) Bola pejal.



(i) Bola tipis berongga.



Kebutuhan Jangkauan Ketinggian Alat Pemasang Kaca Depan Bus



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan pembahasan pada arm alat pemasang kaca depan bus maka didapatkan :

1. Karena tegangan maksimum geser yang terjadi pada pen pengangkat beban dan arm 1 sebesar  $30,57308 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan ijin material ( $351,57 \text{ N/mm}^2$ ), maka material pin AISI 1020 dinyatakan aman.
2. Karena tegangan maksimum geser yang terjadi pada pen pengangkat arm 1 dan arm 2 sebesar  $65,426 \text{ N/mm}^2$  kurang dari tegangan ijin material ( $460 \text{ N/mm}^2$ ), maka material pin AISI 4130 dinyatakan aman.

#### **5.2 Saran**

Dengan pembuatan alat pemasang kaca depan ini diharapkan ada penyempurnaan mengenai alat tersebut sehingga dapat menunjukan hasil yang lebih baik lagi dengan kapasitas daya angkat yang lebih. Atau dapat dikembangkan lagi dengan merubah bentuk arm.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Hibbeler, R.C 2011. “Mechanics Of Material” Edisi 8
2. Hibbeler, R.C 1998. “Keseimbangan Benda Tegar”. Mekanika Teknik Statika Jilid 1
3. Deutschman, Aaron D, Walter J Michels, Charles E Wilson. 1975. *Machine Design Theory and Practice*. New York : Macmillian Publishing Co, Inc.
4. Sularso, Suga, Kiyokatsu. 1987. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin 6<sup>th</sup> Edition. Jakarta : PT. Pradnya Paramita 1987.
5. Mott, Robert L. (2004). *Machine Elements in Mechanical Design 4th Edition*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc.
6. R.S Khurmi and J.K Gupta. (2005). *A Text Book of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD

## **BIOGRAFI PENULIS**



Krisna Pribadi lahir pada tanggal 15 Agustus 1994 di Purworejo. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Ayahnya bernama Rusdarmaji dan Ibunya bernama Heru Tri Wahyuningsih. Jenjang karir akademiknya sejak TK, SD dan SMA dijalannya di Purworejo. Setelah lulus dari SMA N 3 Purworejo, ia melanjutkan kuliahnya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tepatnya di jurusan D3 Teknik Mesin FTI-ITS di bidang Manufactur. Selain kesibukannya sebagai mahasiswa, penulis juga aktif mengikuti berbagai organisasi dan komunitas. Organisasi yang pernah diikutinya diantaranya : Staff Hubungan Mahasiswa HMDM 2013, Staff Kewirausahaan BEM FTI-ITS 2014, Kabiro Kemitraan dan Kelembagaan HMDM 2015 dan Komunitas Vespa Scoter Holic ITS Surabaya.